SIEMENS

SIMATIC

Standard PID Control

Handbuch

Vorwort, Inhaltsverzeichnis

Funktionsbausteine Standard PID Control

Produktübersicht Standard PID Control **1**

Entwerfen von digitalen Regelungen **2**

Konfigurieren und Inbetriebsetzen von Standard PID Control **3**

Signalverarbeitung im Soll-/Istwertkanal und die PID-Reglerfunktionen **4**

Der kontinuierliche Regler (PID_CP **5**

Der Schrittregler (PID_ES **6**

Regleraufrufverteiler und Beispiele für Reglerkonfigurationen **7**

Technische Daten und Blockschaltbilder **8**

Parameterlisten von Standard PID Control **9**

Konfiguration Standard PID Control

Konfigurationswerkzeug (Tool) für Standard PID Control **10**

Anhänge

Literaturverzeichnis **A**

Glossar, Index

Diese Dokumentation ist Bestandteil des Dokumentationspaketes
6ES7 830-2AA21-8AG0

Ausgabe 03/2003
A5E00204508-02

Sicherheitstechnische Hinweise

Dieses Handbuch enthält Hinweise, die Sie zu Ihrer persönlichen Sicherheit sowie zur Vermeidung von Sachschäden beachten müssen. Die Hinweise sind durch ein Warndreieck hervorgehoben und je nach Gefährdungsgrad folgendermaßen dargestellt:

Gefahr

bedeutet, daß Tod, schwere Körperverletzung oder erheblicher Sachschaden eintreten **werden**, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

Warnung

bedeutet, daß Tod, schwere Körperverletzung oder erheblicher Sachschaden eintreten **können**, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

Vorsicht

bedeutet, daß eine leichte Körperverletzung oder ein Sachschaden eintreten können, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

Vorsicht

bedeutet, daß ein Sachschaden eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

Achtung

ist eine wichtige Information über das Produkt, die Handhabung des Produktes oder den jeweiligen Teil der Dokumentation, auf den besonders aufmerksam gemacht werden soll.

Qualifiziertes Personal

Inbetriebsetzung und Betrieb eines Gerätes dürfen nur von **qualifiziertem Personal** vorgenommen werden. Qualifiziertes Personal im Sinne der sicherheitstechnischen Hinweise dieses Handbuchs sind Personen, die die Berechtigung haben, Geräte, Systeme und Stromkreise gemäß den Standards der Sicherheitstechnik in Betrieb zu nehmen, zu erden und zu kennzeichnen.

Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Beachten Sie folgendes:

Warnung

Das Gerät darf nur für die im Katalog und in der technischen Beschreibung vorgesehenen Einsatzfälle und nur in Verbindung mit von Siemens empfohlenen bzw. zugelassenen Fremdgeräten und -komponenten verwendet werden.

Der einwandfreie und sichere Betrieb des Produktes setzt sachgemäßen Transport, sachgemäße Lagerung, Aufstellung und Montage sowie sorgfältige Bedienung und Instandhaltung voraus.

Marken

SIMATIC®, SIMATIC HMI® und SIMATIC NET® sind Marken der SIEMENS AG.

Die übrigen Bezeichnungen in dieser Schrift können Marken sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.

Copyright © Siemens AG 1999 - 2003 All rights reserved

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung

Siemens AG
Bereich Automation and Drives
Geschäftsgebiet Industrial Automation Systems
Postfach 4848, D- 90327 Nürnberg

Haftungsausschluss

Wir haben den Inhalt der Druckschrift auf Übereinstimmung mit der beschriebenen Hard-und Software geprüft. Dennoch können Abweichungen nicht ausgeschlossen werden, so dass wir für die vollständige Übereinstimmung keine Gewähr übernehmen. Die Angaben in dieser Druckschrift werden regelmäßig überprüft, und notwendige Korrekturen sind in den nachfolgenden Auflagen enthalten. Für Verbesserungsvorschläge sind wir dankbar.

© Siemens AG 2003
Technische Änderungen bleiben vorbehalten.

Excellence in Automation & Drives: Siemens

Vorwort

Zweck des Handbuchs

Dieses Handbuch unterstützt Sie bei der Auswahl, Konfiguration, Parametrierung eines für Ihre Regelaufgabe optimalen Reglerbausteines.

Sie werden mit der Funktionsweise des Reglerbausteines sowie der Hantierung des Konfigurationswerkzeuges vertraut gemacht.

Erforderliche Grundkenntnisse

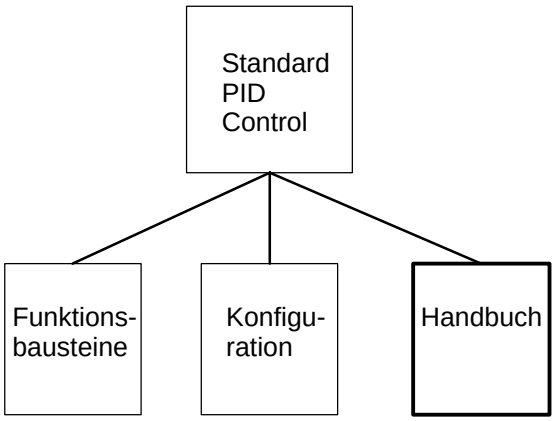
Zum Verständnis des Handbuchs sind allgemeine Kenntnisse auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik und der Regelungstechnik erforderlich.

Außerdem werden Kenntnisse über die Verwendung von Computern oder PC-ähnlichen Arbeitsmitteln (z. B. Programmiergeräten) unter dem Betriebssystem Windows 95/98/2000 bzw. NT vorausgesetzt. Da Standard PID Control auf der Basissoftware STEP 7 aufsetzt, sollten Sie auch Kenntnisse im Umgang mit der Basissoftware haben. Diese werden im Handbuch ”Programmieren mit STEP 7 V5.1” vermittelt.

Gültigkeitsbereich des Handbuchs

Das Handbuch ist gültig für die Pakete Standard PID Control FB V5.1 und Standard PID Control Tool V5.1.

Einordnung in die Informationslandschaft



Das Softwarepaket ”Standard-PID Control” umfasst drei Einzelprodukte:

- Das Produkt ”Standard PID Control FB” umfasst hauptsächlich die beiden Reglerbausteine PID_CP und PID_ES .
- Das Produkt ”Standard PID Control Tool” enthält hauptsächlich die Werkzeuge zum Konfigurieren der Reglerbausteine.

  Das Produkt wird im Folgenden ”Konfigurationswerkzeug” genannt.
- Dieses Handbuch ist ein eigenständiges Produkt und beschreibt sowohl das Produkt ”Standard PID Control FB“ als auch das Konfigurationswerkzeug ”Standard PID Control Tool”.

Das Softwarepaket ”Standard PID Control”

Das Softwarepaket ”Standard PID Control” bietet ein umfassendes Konzept zur Realisierung von Regelfunktionen in den Automatisierungssystemen SIMATIC S7.

Der Regler ist in seinem vollen Leistungsumfang und mit allen Eigenschaften zur Signalverarbeitung fertig programmiert. Zur Anpassung einer Regelung an Ihre Prozessgegebenheiten müssen Sie lediglich gewünschte Teilfunktionen innerhalb dieser maximalen Funktionalität auswählen. Der Projektierungsaufwand schrumpft also auf das Weglassen (Ausblenden) nicht benötigter Funktionen zusammen. Bei diesen Arbeiten werden Sie durch das Konfigurationswerkzeug unterstützt.

Wegen der auf die Wahl - evtl. auch Ergänzung - von Grundfunktionen beschränkten Konfiguriermöglichkeiten ist das Konzept von Standard PID Control leicht beherrschbar. Auch der Anwender mit durchschnittlichen regelungstechnischen Kenntnissen ist in der Lage, in kurzer Zeit eine qualitativ hochwertige Regelung zu erstellen.

Wegweiser

Das vorliegende Handbuch ist nach folgenden Themenbereichen gegliedert:

- Kapitel 1 gibt Ihnen eine Übersicht über Standard PID Control.
- Kapitel 2 zeigt Ihnen die Struktur und Arbeitsweise von Standard PID Control.
- Kapitel 3 hilft Ihnen beim Entwurf und Inbetriebsetzen von Standard PID Control.
- Kapitel 4 zeigt Ihnen die Signalverarbeitung im Soll-Istwertkanal und im Regler.
- Kapitel 5 zeigt Ihnen die Signalverarbeitung im kontinuierlichen Reglerausgang.
- Kapitel 6 zeigt Ihnen die Signalverarbeitung im Schrittreglerausgang.
- Kapitel 7 zeigt Ihnen das Arbeiten mit dem Regleraufrufverteiler und beispielhafte Reglerstrukturen.
- Kapitel 8 informiert Sie über die technischen Daten und Blockschaltbilder.
- Kapitel 9 informiert Sie über die Parameterlisten von Standard PID Control.
- Kapitel 10 gibt Ihnen eine Übersicht über das Konfigurationswerkzeug.
- Anhang A enthält das Literaturverzeichnis.
- Im Glossar sind wichtige Begriffe erklärt.
- Das Stichwortverzeichnis hilft Ihnen, Textstellen zu wichtigen Stichworten schnell zu finden.

Leserkreis

- S7-Programmierer
- Regelungsprogrammierer
- Bedienpersonal
- Servicepersonal

Lesekonventionen

Damit Sie die Informationen in diesem Handbuch leichter finden können, wurden bestimmte Konventionen festgelegt:

- Überfliegen Sie zunächst die Überschriften und die Titel am linken Rand, um schnell Hinweise auf den Inhalt zu erhalten.
- Ein Themenblock beantwortet entweder eine Fragestellung zur Funktionalität des Werkzeuges oder gibt Auskunft über erforderliche bzw. empfohlene Abläufe.
- Verweise auf weitere Behandlung eines Themas in anderen Kapiteln werden mit (*siehe Kapitel* x.y) dargestellt. Hinweise auf andere Dokumentationen sind mit Hilfe von Literaturnummern in Schrägstrichen /.../ angegeben. Anhand dieser Nummern können Sie dem Literaturverzeichnis am Ende des Handbuchs den genauen Titel der Dokumentation entnehmen.
- Handlungsanweisungen werden durch schwarze Punkte markiert.
- Handlungsabläufe werden durch Ordnungszahlen markiert oder explizit durch Schrittfolgen angegeben.
- Alternativen bei Handlungen oder Entscheidungen werden mit Strich markiert.

Weitere Informationen

Dieses Handbuch ist als Nachschlagewerk konzipiert, das Ihnen Informationen zum Thema Standard-Regelungen liefert. Sie benötigen allerdings eventuell weitere Informationen, die Sie den Handbüchern **/70/**, **/71/**, **/100/**, **/101/**, **/231/**, **/232/**, **/234/**, **/352/** entnehmen.

Weitere Unterstützung

Bei Fragen zur Nutzung der im Handbuch beschriebenen Produkte, die Sie hier nicht beantwortet finden, wenden Sie sich bitte an Ihren Siemens-Ansprechpartner in den für Sie zuständigen Vertretungen und Geschäftsstellen.

`http://www.siemens.com/automation/partner`

Trainingscenter

Um Ihnen den Einstieg in das xxx und das Automatisierungssystem SIMATIC S7 zu erleichtern, bieten wir entsprechende Kurse an. Wenden Sie sich bitte an Ihr regionales Trainingscenter oder an das zentrale Trainingscenter in D 90327 Nürnberg.

Telefon: +49 (911) 895-3200.

Internet: `http://www.sitrain.com`

A&D Technical Support

Weltweit erreichbar zu jeder Tageszeit:

Weltweit (Nürnberg) **Technical Support** Ortszeit: 0:00 bis 24:00 / 365 Tage Telefon: +49 (0) 180 5050-222 Fax: +49 (0) 180 5050-223 E-Mail: adsupport@ siemens.com GMT: +1:00		
Europa / Afrika (Nürnberg) **Authorization** Ortszeit: Mo.-Fr. 8:00 bis 17:00 Telefon: +49 (0) 180 5050-222 Fax: +49 (0) 180 5050-223 E-Mail: adsupport@ siemens.com GMT: +1:00	**United States** (Johnson City) **Technical Support and Authorization** Ortszeit: Mo.-Fr. 8:00 bis 17:00 Telefon: +1 (0) 423 262 2522 Fax: +1 (0) 423 262 2289 E-Mail: simatic.hotline@ sea.siemens.com GMT: -5:00	**Asien / Australien** (Peking) **Technical Support and Authorization** Ortszeit: Mo.-Fr. 8:00 bis 17:00 Telefon: +86 10 64 75 75 75 Fax: +86 10 64 74 74 74 E-Mail: adsupport.asia@ siemens.com GMT: +8:00
Technical Support und Authorization sprechen generell Deutsch und Englisch.		

Service & Support im Internet

Zusätzlich zu unserem Dokumentations-Angebot bieten wir Ihnen im Internet unser komplettes Wissen online an.

`http://www.siemens.com/automation/service&support`

Dort finden Sie:

- der Newsletter, der Sie ständig mit den aktuellsten Informationen zu Ihren Produkten versorgt.
- die für Sie richtigen Dokumente über unsere Suche in Service & Support.
- ein Forum in welchem Anwender und Spezialisten weltweit Erfahrungen austauschen.
- Ihren Ansprechpartner für Automation & Drives vor Ort über unsere Ansprechpartner-Datenbank.
- Informationen über Vor-Ort Service, Reparaturen, Ersatzteile. Vieles mehr steht für Sie unter dem Bergriff ”Leistungen” bereit.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ..... **iii**

Inhaltsverzeichnis ..... **ix**

1 Produktübersicht Standard PID Control **1-1**

1.1 Das Produkt ”Standard PID Control” 1-1

1.2 Das Softwareprodukt ”Standard PID Control” 1-3

1.3 Einsatzumgebung und Anwendungsbereich 1-5

2 Entwerfen von digitalen Regelungen **2-1**

2.1 Prozesseigenschaften und Regelung 2-1

2.2 Identifikation der Streckeneigenschaften 2-5

2.3 Störgrößenaufschaltung 2-7

2.4 Mehrschleifige Regelungen 2-8

2.5 Struktur und Arbeitsweise von Standard PID Control 2-11

2.6 Signalflusspläne 2-15

3 Konfigurieren und Inbetriebsetzen von Standard PID Control **3-1**

3.1 Definieren der Regelaufgabe 3-1

3.2 Projekt konfigurieren (Checkliste) 3-7

3.3 Parametrieren von Standard PID Control 3-10

3.4 Die Abtastzeit CYCLE 3-14

3.5 Das Aufrufverhalten von Standard PID Control 3-16

3.6 Wertebereiche und Signalanpassung (Normierung) 3-18

4 Signalverarbeitung im Soll-/Istwertkanal und die PID-Reglerfunktionen **4-1**

4.1 Signalverarbeitung im Sollwertzweig 4-1
4.1.1 Sollwert-Generator (SP_GEN) 4-1
4.1.2 Zeitplangeber (RMP_SOAK) 4-3
4.1.3 Normierung des externen Sollwertes (SP_NORM) 4-12
4.1.4 FC-Aufruf im Sollwertzweig (SPFC) 4-15
4.1.5 Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit des Sollwertes (SP_ROC) 4-17
4.1.6 Begrenzung des Absolutwertes der Führungsgröße (SP_LIMIT) 4-19
4.1.7 Sollwertverstellung über das Konfigurationswerkzeug 4-21

4.2 Signalverarbeitung im Istwertzweig 4-22
4.2.1 Normierung der Istwerteingabe 4-22
4.2.2 Glättung der Regelgröße (LAG1ST) 4-24
4.2.3 Bildung der Quadratwurzel (SQRT) 4-26
4.2.4 FC-Aufruf im Istwertzweig (PVFC) 4-28

4.2.5 Überwachung des Istwertes auf Grenzwerte (PV_ALARM) 4-30
4.2.6 Überwachung der Änderungsgeschwindigkeit des Istwertes (ROCALARM) 4-32
4.2.7 Istwertverstellung über das Konfigurationswerkzeug 4-34

4.3 Signalverarbeitung der Regeldifferenz (Regelabweichung) 4-35
4.3.1 Signalfilterung durch Totzonenfunktion (DEADBAND) 4-35
4.3.2 Überwachung der Regeldifferenz auf Grenzwerte (ER_ALARM) 4-37

4.4 Die PID-Reglerfunktionen 4-39

4.5 Signalverarbeitung im PID-Regleralgorithmus 4-46
4.5.1 Integrierer (INT) 4-46
4.5.2 Differenzierer (DIF) 4-51

5 Der kontinuierliche Regler (PID_CP) 5-1

5.1 Regelfunktionen des kontinuierlichen PID-Reglers 5-1

5.2 Signalverarbeitung der Stellgröße 5-3
5.2.1 Betriebsarten der Stellsignalbildung 5-3
5.2.2 Betriebsarten der Stellsignalbildung 5-5
5.2.3 FC-Aufruf im Stellgrößenzweig (LMNFC) 5-7
5.2.4 Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit des Stellwertes (LMN_ROC) 5-9
5.2.5 Begrenzung des Absolutwertes der Stellgröße (LMNLIMIT) 5-11
5.2.6 Normierung der Stellgröße auf das Format einer physikalischen Größe (LMN_NORM) 5-13
5.2.7 Stellwertausgabe im Peripherieformat (CRP_OUT) 5-15
5.2.8 Stellwertbeeinflussung über das Konfigurationswerkzeug 5-16

5.3 Kontinuierliche Regler in Kaskadenschaltungen 5-17

5.4 Impulsformerstufe (PULSEGEN) 5-19

6 Der Schrittregler (PID_ES) 6-1

6.1 Regelfunktionen des PID-Schrittreglers 6-1

6.2 Stellgrößen beim Schrittregler mit Stellungsrückmeldung 6-5
6.2.1 Betriebsarten des Schrittreglers 6-5
6.2.2 Stellwertbeeinflussung über das Konfigurationswerkzeug 6-8
6.2.3 Begrenzung des Absolutwertes der Stellgröße (LMNLIMIT) 6-9
6.2.4 Verarbeitung der Stellungsrückmeldung (LMNR_IN bzw. LMNR_PER) 6-11
6.2.5 Erzeugung der Stellsignale (QLMNUP/QLMNDN) 6-14

6.3 Stellgrößenverarbeitung beim Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung . 6-18

6.4 Schrittregler in Kaskadenschaltungen 6-25

7 Regleraufrufverteiler und Beispiele für Reglerkonfigurationen 7-1

7.1 Regleraufrufverteiler (LP_SCHED) 7-1

7.2 Example1: Schrittregler mit Streckensimulation 7-10

7.3 Example2: Kontinuierlicher Regler mit Streckensimulation 7-16

7.4 Example3: Mehrschleifige Verhältnisregelung 7-21

7.5 Example4: Mischungsregelung 7-24

7.6 Example5: Kaskadenregelung 7-27
7.7 Example6: Pulsegen: Kontinuierlicher Regler mit Impulsausgängen und Streckensimulation 7-30
8 Technische Daten und Blockschaltbilder 8-1
8.1 Technische Daten: Funktionsbausteine 8-1
8.2 Blockschaltbilder von Standard PID Control 8-3
9 Parameterlisten von Standard PID Control 9-1
9.1 Parameter des Funktionsbausteins PID_CP 9-2
9.2 Parameter des Funktionsbausteins PID_ES 9-11
9.3 Parameter der Funktion LP_SCHED 9-20
10 Projektiersoftware für Standard PID Control 10-1
A Literaturverzeichnis A-1
Glossar Glossar-1
Index Index-1

Produktübersicht Standard PID Control 1

1.1 Das Produkt ”Standard PID Control”

Konzept von ”Standard PID Control”

Das Softwareprodukt ”Standard PID Control” besteht im Wesentlichen aus zwei **Funktionsbausteinen** (FBs), in denen die Algorithmen zur Bildung der Regel-und Signalverarbeitungs-Funktionen für kontinuierliche bzw. für Schrittregler enthalten sind. Es handelt sich also um eine reine Softwareregelung, bei der ein Standard-Funktionsbaustein die komplette Funktionalität des Reglers verkörpert.

Das Verhalten des Reglers selbst und die Eigenschaften der Funktionen im Mess- und Stellkanal werden durch die numerischen Algorithmen des Funktionsbausteins realisiert bzw. nachgebildet. Die für diese zyklischen Berechnungen benötigten Daten sind in regelkreisspezifischen Datenbausteinen hinterlegt. Zur Erzeugung mehrerer Regler wird ein FB nur einmal benötigt.

Jeder Regler wird durch einen **Instanz-DB** repräsentiert, welcher applikationsabhängig zu erstellen ist. Bei Nutzung des Werkzeugs ”Standard PID Control Tool” geschieht diese DB-Erstellung ’implizit’. Das bedeutet, die Auslegung eines spezifischen Reglers beschränkt sich auf das Festlegen der Struktur- und Wertparameter in den Bearbeitungsfenstern der Bedienoberfläche. Der Instanz-DB wird vom Konfigurationswerkzeug erstellt.

Die Berechnung der Algorithmen für einen bestimmten Regler erfolgt im Prozessor des S7-Automatisierungssystems (AS), und zwar in den eingestellten Zeitintervallen (Abtastzeiten). Die Berechnungsergebnisse und damit die aktualisierten Werte von Ein- und Ausgangsvariablen (Mess- und Stellgrößen) und Zustandsmeldungen (Grenzwerte) werden im zugehörigen Instanz-DB hinterlegt bzw. an die Prozessperipherie übergeben.

Bei Bearbeitung von vielen Regelkreisen, die je nach Trägheit der jeweiligen Regelstrecke unterschiedlich oft - dabei aber äquidistant - bearbeitet werden sollen, steht ein **Regleraufrufverteiler** (Loop Scheduler = LP_SCHED) zur Verfügung, mit dessen Hilfe die Konfiguration umfangreicher Anlagenregelungen sehr übersichtlich und deshalb einfach wird. Außerdem wird eine gleichmäßige Auslastung der CPU gewährleistet.

Übersicht über die Grundfunktionen

Bei vielen Regelungsaufgaben steht nicht allein der klassische PID-Regler als prozessbeeinflussendes Element im Vordergrund, sondern es werden auch hohe Anforderungen an die Signalverarbeitung gestellt.

Ein mit Hilfe des Softwarepakets ”Standard PID Control” gebildeter Regler setzt sich deshalb aus einer Reihe von Teilfunktionen zusammen, die von Ihnen separat parametriert werden können. Zusätzlich zum eigentlichen Regler mit dem PID-Algorithmus sind auch Funktionen zur Aufbereitung des Sollwerts und des Istwerts sowie zur Nachbearbeitung der errechneten Stellgröße integriert.

Hinzu kommen Anzeige- und Überwachungsfunktionen (im Übersichtsschema nicht dargestellt).

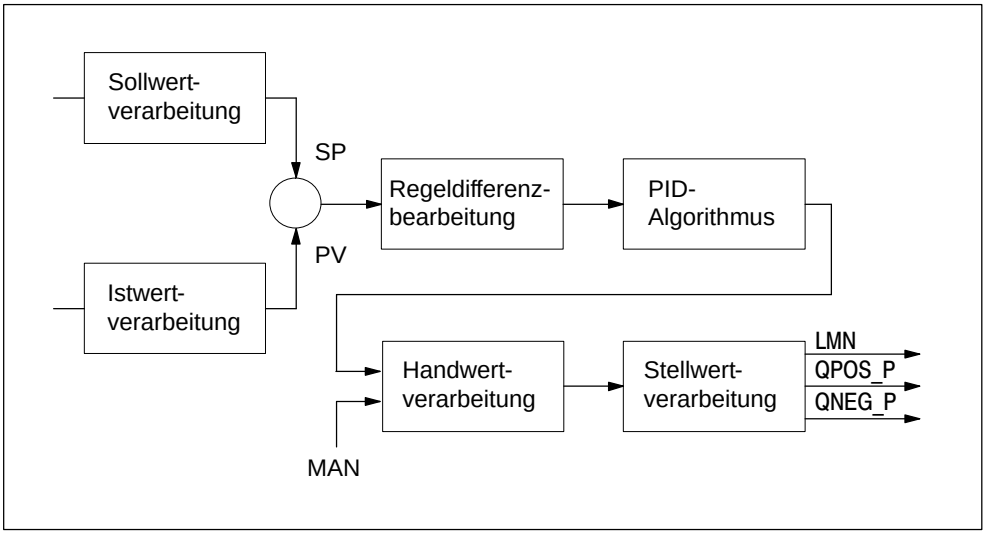


Bild 1-1 Funktionsübersicht des Softwarebausteins ”Kontinuierlicher Regler”

Erstellen der Regelung

Mit dem Softwarepaket ”Standard PID Control” lässt sich ein Regler für eine bestimmte Regelungsaufgabe konfigurieren. Sein Funktionsvorrat kann eingeschränkt projektiert weden. Mittels sogenannter Strukturschalter können Teilfunktionen zu- bzw. abgeschaltet oder ganze Zweige unwirksam gemacht werden. Zu parametrieren sind anschließend nur noch die in der reduzierten Struktur verbliebenen Funktionsteile.

Die Erstellung einer Regelung von der Strukturierung über die Parametrierung bis hin zum zeitgerechten Aufruf durch das Systemprogramm ist weitgehend ohne Programmierung möglich. STEP 7-Kenntnisse sind erforderlich.

Die Struktur des Instanz-DB ist in *Kapitel 9* dieses Handbuchs offengelegt. Jedem Struktur- bzw. Wert-Parameter ist ein Datum d. h. eine Zeile vorbehalten. Durch Editieren der entsprechenden Eintragungen lassen sich sowohl Struktur als auch die gewünschten Eigenschaften der Regelung festlegen.

Diese Vorgehensweise wird jedoch wegen ihrer Unübersichtlichkeit nicht empfohlen. Das speziell für Standard PID Control konzipierte Konfigurationswerkzeug vereinfacht diese Aufgabe ganz wesentlich.

Hinweis

Das Konfigurationswerkzeug lässt sich nicht zur Parametrierung des Bausteins LP-SCHED einsetzen. Dessen Funktionalität wird ausschließlich durch Eingaben in den betreffenden Datenbaustein definiert.

1.2 Das Softwareprodukt ”Standard PID Control”

Produktstruktur: ”Standard PID Control”

Nach der Installation des Produkts “Standard PID Control” finden Sie auf Ihrem PG/PC eine STEP 7-Bausteinbibliothek mit dem Namen “Standard PID Control”. Diese enthält zwei Standard-Funktionsbausteine, eine Standard-Funktion, Mustervorlagen für Datenbausteine sowie das STEP 7-Projekt “zDt28_03_StdCon” mit 6 Beispielen und einem Getting Started.

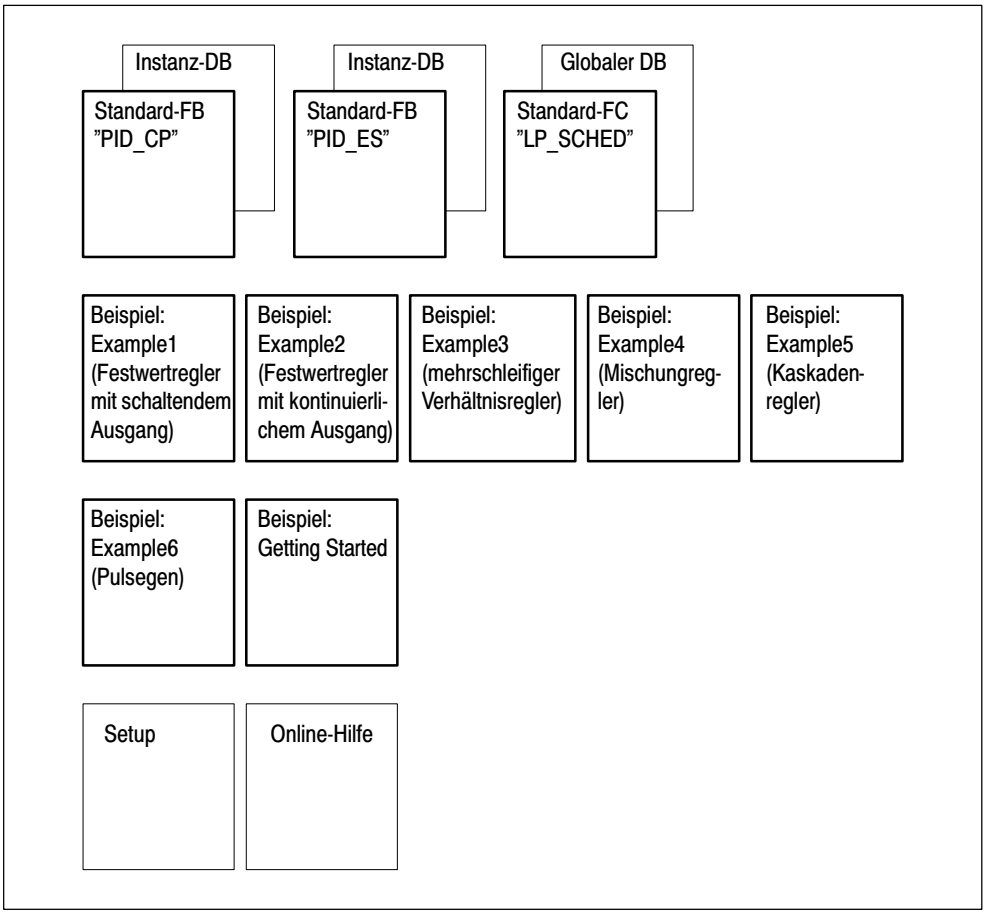


Bild 1-2 Inhalt des Softwarepaketes ”Standard PID Control”

- Der Std-FB **PID_CP** enthält alle regelungstechnischen Funktionen eines kontinuierlichen PID-Reglers einschließlich eines Impulsausgangs für proportionale Stellglieder.
- Der Std-FB **PID_ES** enthält alle regelungstechnischen Funktionen eines PID-Reglers mit Dreipunkt-Schrittausgang.
- Die Std-FC **LP_SCHED** steuert die Aufrufverteilung der einzelnen Regler innerhalb eines Weckalarm-OB bei Anwendungen mit vielen Regelkreisen. Der Baustein übernimmt auch die Initialisierung der Reglerstruktur beim Anlauf der CPU bzw. des AS.

Außerdem enthält das Softwarepaket ein **Setup-Programm** für die Installation der ”Standard PID Control” auf PG/PC sowie eine **Online-Hilfe**, die Informationen (Nachschlagewissen) zu Teilfunktionen und Einzelparametern während der praktischen Aufgabenbearbeitung verfügbar macht.

Vorkonfektionierte Anwendungs-Strukturen

Der Lieferumfang der ”Standard PID Control” wird durch Datenstrukturen (Instanz-DBs) für die am häufigsten eingesetzten Reglertypen bzw. für die wichtigsten mehrschleifigen Regelungen ergänzt.

Auf diese betriebsfertig vorbereiteten Struktur-Beispiele (Example1 ... Example6) können Sie zurückgreifen, wenn Ihnen die Erstellung eines Reglers von Grund auf zu aufwändig erscheint oder wenn Sie bei der Erstellung von gekoppelten Reglerstrukturen Fehler vermeiden wollen.

Folgende Beispiel-Strukturen stehen zur Verfügung:

Kurzbezeichnung	Bereitgestellte Funktionalität	Kommentar
Example1	Festwertregler mit schaltendem Ausgang - für integrierende Stellglieder (z. B. Motorantriebe)	”PID-Schrittregler” mit Dreipunktverhalten
Example2	Festwertregler mit kontinuierlichem Ausgang - für proportionale Stellglieder	”Analog-PID-Regler”
Example3	Mehrschleifige Verhältnisregelung	Das Verhältnis zweier Regelgrößen wird konstant gehalten.
Example4	Mischungsregelung	Die zu mischenden Komponenten werden auf einen konstanten %-Satz gehalten und die Gesamtmenge wird geregelt.
Example5	Kaskadenregelung	Verbesserung des Regelverhaltens durch Einbeziehen von Regelgrößen in unterlagerten Regelkreisen
Example6	Kontinuierliche Regler mit Impulsausgängen und Streckensimulation	

”Konfiguration von Standard PID Control”

Die Funktionen des Softwarepakets ”Konfiguration Standard PID Control” werden im *Kapitel 10* dieses Handbuches beschrieben.

1.3 Einsatzumgebung und Anwendungsbereich

Hardwareumgebung

Die mit dem Softwarepaket ”Standard PID Control” erzeugten Regler sind auf folgenden Zielsystemen ablauffähig

- S7-300- und S7-400 (CPU mit Gleitpunkt und Weckalarm)
- C7-CPUs
- Win AC

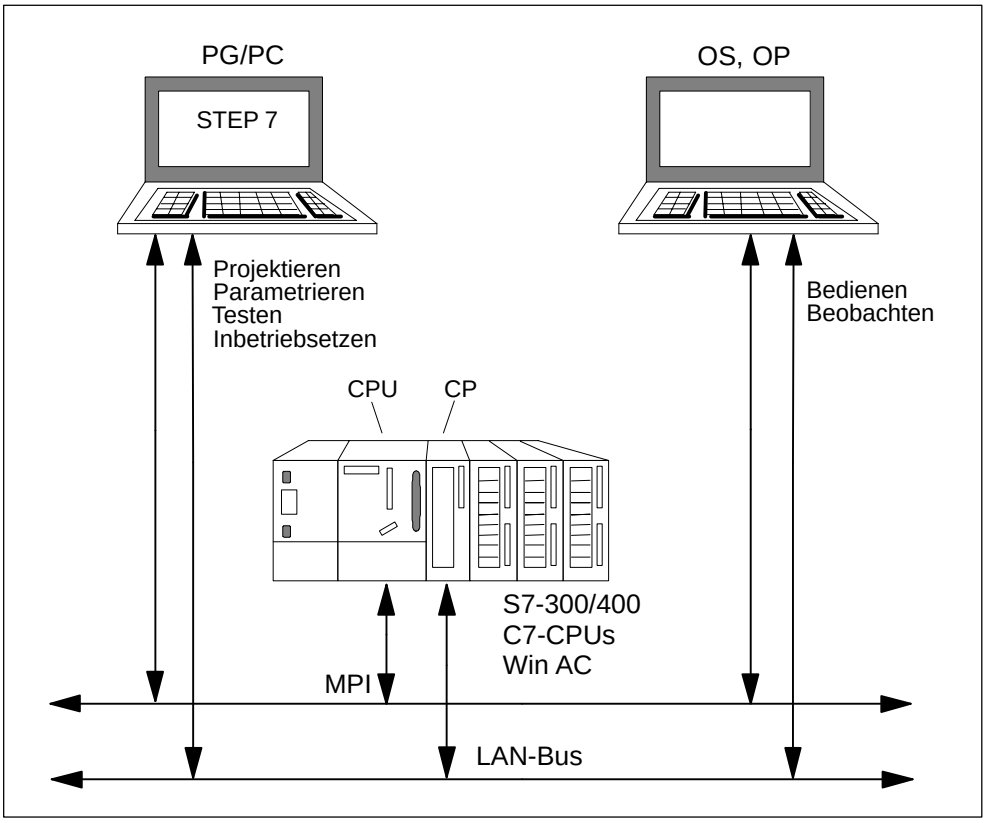


Bild 1-3 Einsatzumgebung des SW-Pakets ”Standard PIC Control”

Softwareumgebung

Das Softwarepaket ”Standard PID Control” ist für den Einsatz in der Programmgruppe STEP 7 konzipiert.

Die Erstellungssoftware für Standard-Regelungen kann lokal auf einem PG/PC oder aber in einem Netz auf einem zentralen Netzlaufwerk installiert werden.

Der Systemrahmen

Da es sich bei der digitalen Realisierung von Reglerfunktionen immer um rechenaufwändige Operationen handelt (Wortverarbeitung), ist es wichtig, sich rechtzeitig ein Bild von der Belastung der zur Verfügung stehenden CPU zu machen. Dafür gibt es folgende Anhaltspunkte:

- Codeumfang eines Funktionsbausteins

  (PID_CP bzw. PID_ES): ≤ 8 KByte
- Daten pro Regler ≤ 0,5 KByte
- Eckdaten für minimale Laufzeiten (Bearbeitungszeiten) eines PID-Reglers auf unterschiedlichen Automatisierungssystemen finden Sie in

  Kapitel 8.1 (Technische Daten).
- Die Größe des erforderlichen Bereichs im Anwenderspeicher und damit die theoretisch installierbare Anzahl der Regelkreise aufgrund der verfügbaren Speicherkapazität (bei 50 % Ausnutzung des Arbeitsspeichers durch die Regelungsaufgaben) ist den Technischen Daten (*siehe Kapitel 8.1*) zu entnehmen.
- Speicherbedarf für einen L-Stack besteht nicht.
- Alarme werden durch die Bearbeitung des Regelungs-FB nicht verzögert.

Regleraufrufverteiler

Müssen viele Regler oder Regler mit großen Abtastzeiten aufgerufen werden, reicht der Umfang des Prioritätsklassenmodells in Bezug auf Weckalarm-OBs nicht aus. Mit dem Regleraufrufverteiler LP_SCHED (Loop Scheduler) können in einem Weckalarm-OB mehrere Regler mit verschiedenen Abtastzeiten äquidistant aufgerufen werden.

Die Aufgaben des Aufrufverteilers sind:

- Steuerung des zeitlichen Aufrufs der einzelnen Regler innerhalb einer (Weckalarm-) Prioritätsklasse.
- Aufruf der installierten Standard-Regler beim Analuf der CPU.

Einsatzmöglichkeiten und -grenzen von Standard PID Control

Eine durch die Abarbeitung eines FB verkörperte Regelfunktion ist in Bezug auf ihre möglichen Einsatzfelder grundsätzlich neutral. Die Regelleistung und damit die Schnelligkeit der Bearbeitung von konkreten Regelkreisen hängt ausschließlich von der Leistung der verwendeten CPU ab.

Bei einer gegebenen CPU muss zwischen der Anzahl der Regler und der Häufigkeit, mit der die einzelnen Regler bearbeitet werden müssen, ein Kompromiss getroffen werden. Je schneller die aufgeschalteten Regelkreise sind, d. h. je öfter die Stellgrößen pro Zeiteinheit errechnet werden müssen, um so geringer ist die Anzahl der installierbaren Regler.

Die Standard-Funktionsbausteine PID_CP und PID_ES ermöglichen es, Softwareregler zu generieren und zu betreiben, die auf dem konventionellen PID-Algorithmus von Standard PID Control basieren. Sonderfunktionen bezüglich der Verarbeitung der Prozesssignale im Regler sind nicht vorgesehen.

Einschränkungen bezüglich der Art der regelbaren Prozesse bestehen nicht. Es können sowohl träge Strecken (Temperaturen, Füllstände usw.) als auch sehr schnelle Strecken (Durchflüsse, Drehzahlen usw.) geregelt werden.

Einsatzformen von Standard PID Control:

- Festwertregelung mit P-, PI-, PD-, PID-Schrittregler;
- Festwertregelung mit kontinuierlichem P-, PI-, PD-, PID-Regler;
- Festwertregelung mit Störgrößenaufschaltung;
- Kaskadenregelung (Schrittregler nur im Folgekreis);
- Verhältnisregelung (zweischleifig);
- Mischungsregelung.

Funktionsspektrum von Standard PID Control

Durch entsprechendes Projektieren der im Produkt ”Standard PID Control” enthaltenen Funktionen lassen sich Regler mit nachstehenden Eigenschaften und Betriebsweisen generieren:

- Verstellung des Sollwertes durch Zeitplangeber (Zeitplanregelung);
- Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit des Führungsgröße und (bei Reglern mit kontinuierlichem Ausgang) der Stellgröße;
- Begrenzung der Absolutwerte der Führungsgröße und (bei Reglern mit kontinuierlichem Ausgang) der Stellgröße;
- Unterdrückung des Rauschens im Ist- oder Sollwertzweig durch Filterung des Regeldifferenz-Signals;
- Unterdrückung von höherfrequenten Schwingungen im Istwertzweig durch Glättung (Verzögerung) des Istwertsignals;
- Linearisierung von quadratischen Funktionen der Regelgröße (Durchflussregelung mit Differenzdruck-Gebern);
- Möglichkeit des Aufrufs von ”eigenen Funktionen” im Sollwert-, Istwert- und/ oder Stellwert-Zweig;
- Handbetrieb (Steuerung der Stellgröße von einem PG oder OP/OS aus)
- Überwachung der Regelgröße und/oder der Regeldifferenz auf Überschreitung von jeweils zwei oberen und zwei unteren Grenzwerten;
- Überwachung der Änderungsgeschwindigkeit der Regelgröße;
- Wahlweise P- und D-Wirkung in der Rückführung des Reglers.

Entwerfen von digitalen Regelungen 2

2.1 Prozesseigenschaften und Regelung

Prozesseigenschaften und Regler

Das statische Verhalten (Verstärkung) und die dynamischen Eigenschaften (Verzögerung, Totzeit, Integrationskonstante usw.) des zu regelnden Prozesses haben entscheidenden Einfluss auf die Art und das Zeitverhalten der Signalbearbeitung im Regler, der die jeweiligen Prozesszustände stabil halten bzw. nach vorgegebenem zeitlichen Verlauf ändern soll.

Unter den Gliedern eines Regelkreises nehmen die Regelstrecken eine Sonderstellung ein. Ihre Eigenschaften sind durch verfahrens-/maschinentechnische Gegebenheiten festgelegt und kaum zu beeinflussen. Ein gutes Regelergebnis kann also nur durch Auswahl eines für den Streckentyp am besten geeigneten Reglertyps sowie dessen Anpassung an das Zeitverhalten der Strecke erreicht werden.

Genaue Kenntnisse des Typs und der Kenndaten der Regelstrecke sind deshalb für die Auslegung bzw. den Entwurf des Reglers und der Dimensionierung seiner statischen (P-Einfluss) und dynamischen Parameter (I- und D-Einfluss) unerlässlich.

Streckenanalyse

Für die Reglerauslegung benötigen Sie genauere Streckendaten, die Sie durch Aufnahme einer Übergangsfunktion nach Sprunganregung erhalten. Durch (graphische) Auswertung dieser (Zeit-)Funktion lassen sich dann Rückschlüsse für die Wahl der am besten geeigneten Reglerfunktion und für die Dimensionierung der einzustellenden Reglerparameter ableiten.

Bei der Durchführung dieser für eine Streckenanalyse erforderlichen Vorgänge werden Sie durch das Konfigurationswerkzeug weitgehend unterstützt.

Bevor wir jedoch die Nutzung der betreffenden Tools des Softwarepakets ”Konfiguration von Standard PID Control” kurz beschreiben, im Folgenden ein Blick auf die häufigsten in technischen Prozessen und Anlagen vorkommenden Regelstrecken. Möglicherweise benötigen Sie diese Kenntnisse, um Anhaltspunkte für angemessene Vorgehensweisen bei der Analyse und ggf. auch Simulation der Prozesseigenschaften zu gewinnen.

Typ und Charakteristik der Regelstrecke

Folgende Strecken werden näher analysiert:

- Strecke mit Ausgleich
- Strecke mit Ausgleich und Totzeit
- Strecke mit Integralwirkung

Strecke mit Ausgleich

Die meisten Regelstrecken sind Strecken mit Ausgleich, d. h. nach einer sprungförmigen Änderung der Stellgröße nähert sich die Regelgröße nach einem Übergangsprozess einem neuen stabilen Wert, dem sogenannten Ausgleichswert. Das Zeitverhalten der Strecke kann demnach durch Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufs der Regelgröße PV(t) nach Sprungänderung der Stellgröße LMN um einen Betrag > 1,5 % des Stellbereiches bestimmt werden.

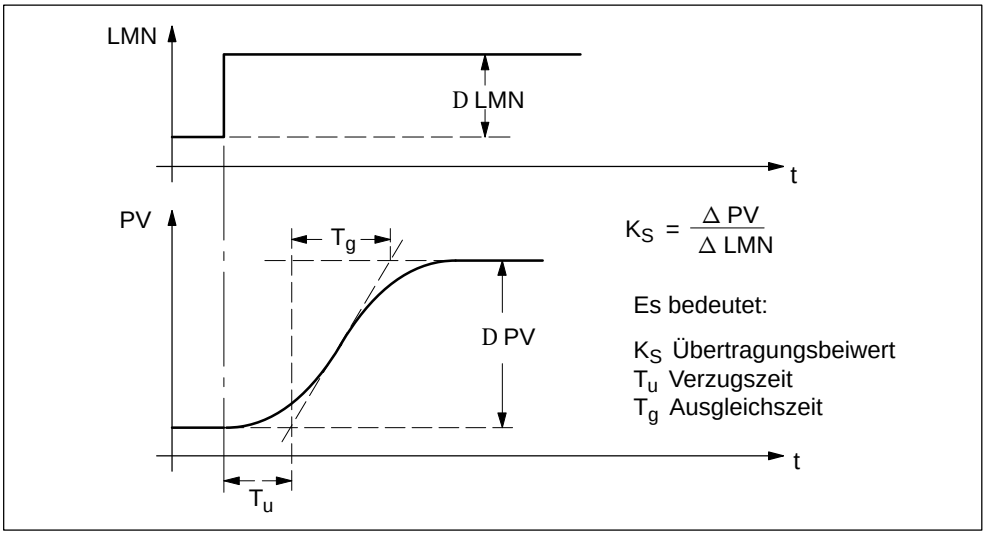


Bild 2-1 Übergangsfunktion einer Regelstrecke mit Ausgleich (PT-Strecke)

Ist das Streckenverhalten innerhalb des Stellbereiches linear, dann gibt der Übertragungsbeiwert K_S die Verstärkung der betreffenden Regelstrecke an. Aus dem Verhältnis von Verzugszeit zu Ausgleichszeit T_u/T_g lässt sich die Regelbarkeit der betreffenden Strecke abschätzen. Je kleiner dieser Wert d. h. je geringer die Verzugszeit im Verhältnis zur Ausgleichszeit ist, um so besser lässt sich der Prozess regeln.

Nach den Werten für T_u und T_g lässt sich das Zeitverhalten von Regelstrecken grob einteilen:

$T_u < 0{,}2$ min und $T_g < 2$ min $\rightarrow$ schneller Prozess

$T_u > 0{,}5$ min und $T_g > 5$ min $\rightarrow$ träger Prozess

Der absolute Wert der Ausgleichszeit hat deshalb direkten Einfluss auf die Abtastzeit des Reglers: je größer T_g – d. h. je träger die Prozessreaktion – um so größer kann die Abtastzeit gewählt werden.

Strecke mit Ausgleich und Totzeit

Viele Prozesse mit Transportvorgängen (Rohrleitungen, Transportbänder usw.) haben ein Zeitverhalten, das dem Verlauf in Bild 2-2 ähnlich ist. Es verstreicht eine Anlaufzeit T_a, die sich aus der eigentlichen Totzeit und der Verzugszeit der Strecke mit Ausgleich zusammensetzt. Für die Regelbarkeit ist es außerordentlich wichtigt, dass T_t klein gegenüber Tg ist bzw. das Verhältnis $T_t/T_g \leq 1$ bleibt.

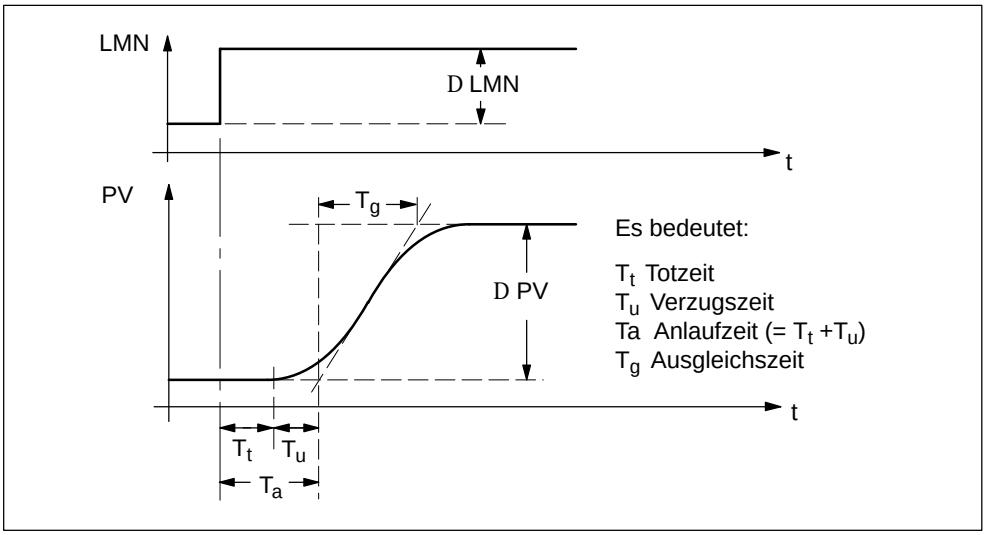


Bild 2-2 Sprungantwort einer Strecke mit Totzeit und Ausgleich (T_t-PT-Strecke)

Da der Regler während der Totzeit vom Geber keine Signaländerung empfängt, erfolgen seine Eingriffe zwangsläufig verspätet und mit entsprechend verringerter Regelqualität. Bei Einsatz eines Standard-Reglers können derartige Effekte nur durch günstigere Wahl der Einbaulage des Messfühlers beeinflusst werden.

Strecke mit Integralwirkung

Hier ist die Steilheit der Rampe der Prozessvariablen (PV) nach Änderung des Stellwertes um einen festen Betrag umgekehrt proportional zum Wert der Integrationskonstante TI.

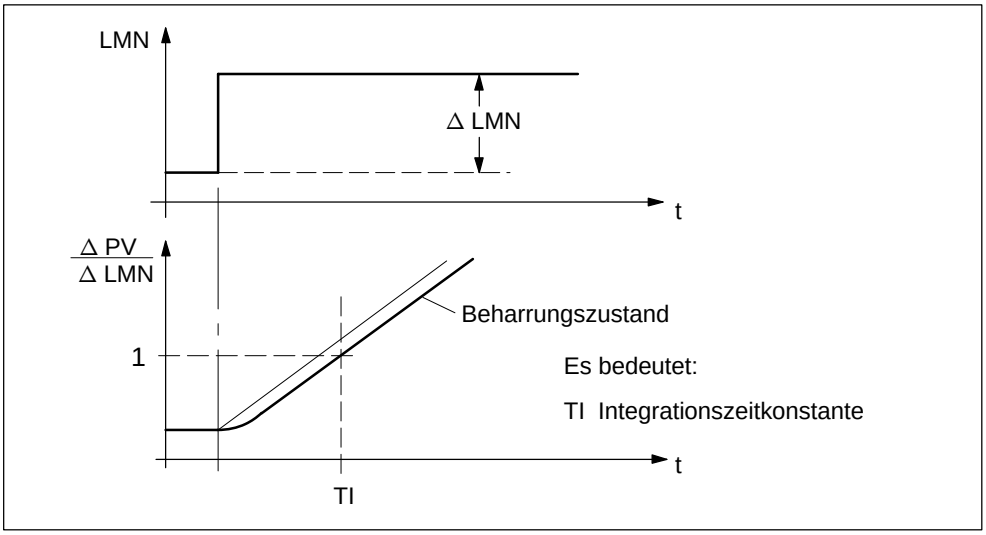


Bild 2-3 Übergangsfunktion einer Regelstrecke ohne Ausgleich (I-Strecke)

Prozesse mit I-Verhalten sind z. B. Niveaustrecken, bei denen der Füllstand je nach Öffnungsgrad des Stellgliedes unterschiedlich schnell angehoben oder abgesenkt wird. Wichtige Regelstrecken mit I-Verhalten stellen außerdem die häufig verwendeten motorischen Antriebe dar, bei denen die Änderungsgeschwindigkeit von Verstellwegen direkt proportional zur Drehzahl des Antriebs ist.

Treten bei einer Strecke mit Integralwirkung vor dem I-Glied keine Störgrößen auf (das ist meistens der Fall), dann sollte ein Regler ohne I-Anteil verwendet werden. Eine Störgrößeneinwirkung am Streckeneingang kann – ohne Verwendung eines I-Anteils im Regler – meist durch Störgrößenaufschaltung eliminiert werden.

2.2 Identifikation der Streckeneigenschaften

Die Streckenidentifikation

Wie bereits erwähnt, sind zur Untersuchung und Identifizierung eines gegebenen Prozessverhaltens zwei Schritte erforderlich:

1. die Aufnahme der Übergangsfunktion der Regelstrecke nach Anregung durch eine sprungförmige Änderung der Stellgröße,
2. die Auswertung der aufgenommen oder gespeicherten Übergangsfunktion zur Ermittlung einer geeigneten Reglerstruktur und der optimalen Reglerparameter.

1. Aufnahme der Übergangsfunktion

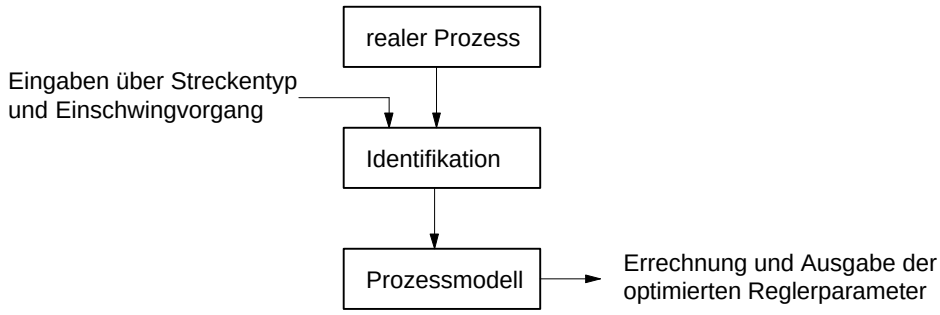
Bei der Ausführung von Schritt 1. werden Sie durch die im Konfigurationswerkzeug verfügbare Teilfunktion zur Prozess-Identifikation weitgehend unterstützt.

In den Dialogfenstern wird Ihnen, soweit erforderlich, in Kommentartexten das Hintergrundwissen zu Ihren Aktionen vermittelt. Eingabefenster oder Ausgabefenster werden in bestimmten Prozedurschritten automatisch geöffnet.

2. Ermittlung der Reglerkenndaten

Für die eigentliche Prozessidentifikation (Schritt 2.) beschränken sich Ihre Aktivitäten auf die Angabe des Einschwingverhaltens der Regelgröße nach Störungen im Regelkreis (”aperiodisch” oder ”mit 10 % Überschwingung”) und das Starten der automatischen Prozessidentifikation durch das System.

Folgendes Bild veranschaulicht die Methodik, mit der das System die Identifizierung eines Prozesses ausführt:



Die Ergebnisse dieses Identifikationsvorgangs werden Ihnen in einem Ausgabefenster angezeigt. Sie können hier die Übertragung der ermittelten PI- oder PID-Parameter in die Datenbasis veranlassen oder aber die Ergebnisse verwerfen und die Identifikationsprozedur mit anderen Streckendaten oder anderen Einstellungen wiederholen.

Streckenidentifikation und Betriebsart des Regelkreises

Bei folgenden Betriebszuständen der Regelung kann für unterschiedliche Typen der Regelstrecke in der angegebenen Weise eine Prozessidentifikation ausgeführt werden:

	Daten-erfassung	**Regelkreis**	**Strecke**	**Prozessanregung**
1.	online	offen (Handbetrieb)	ohne I-Anteil	sprungförmige Stellgrößenänderung:
2.	online	geschlossen (Automatikbetrieb)	ohne I-Anteil	sprungförmige Sollwertänderung:
3.	online	offen (Handbetrieb)	mit I-Anteil	impulsförmige Stellgrößenänderung:
4.	online	geschlossen (Automatikbetrieb)	mit I-Anteil	impulsförmige Sollwertänderung:
5.	offline	Regelkreisdaten aus Archiv		

2.3 Störgrößenaufschaltung

Störgrößenaufschaltung

Auf den Prozess einwirkende Störgrößen sind durch den Regler auszuregeln. Konstante Störgrößen werden durch Regler mit I-Anteil ausgeregelt. Das Regelverhalten wird dabei nicht beeinflusst.

Dynamische Störgrößen beeinflussen dagegen die Qualität einer Regelung weitaus stärker. Abhängig vom Angriffspunkt der Störung und den Zeitkonstanten nachfolgender Streckenanteile reagiert die Regelung mit Regeldifferenzen unterschiedlicher Größe und Dauer, die erst über die I-Wirkung im Regler wieder abgebaut werden.

Dieser Effekt lässt sich in den Fällen vermeiden, in denen die Störgröße durch Messung erfasst werden kann. Durch Aufschaltung der gemessenen Störgröße auf den Ausgang des Reglers lässt sich ein Kompensationseingriff ableiten, durch den die Regelung erheblich schneller auf diese Störgröße reagieren kann.

Der Standard-Regler besitzt einen Signaleingang für die Störgröße DISV. Diese Störgröße wird über einen Strukturschalter auf die Summationsstelle am Ausgang des PID-Reglers aufgeschaltet (Bild 2-4).

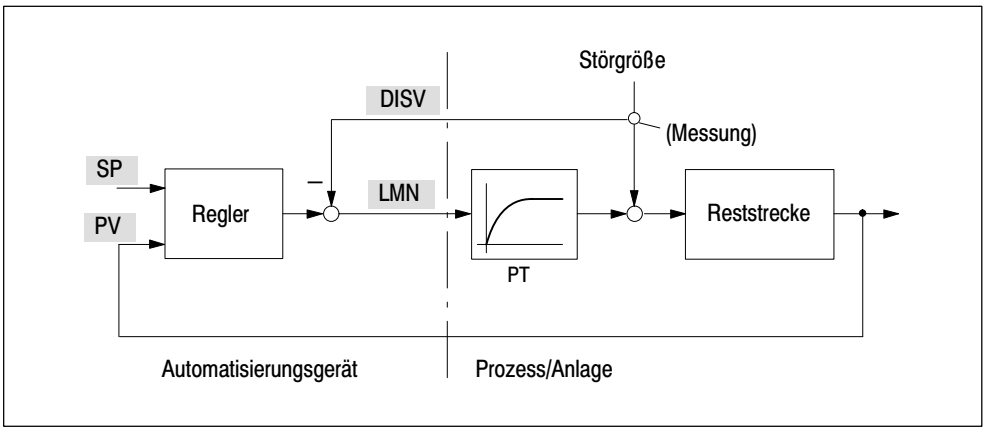


Bild 2-4 Kompensation einer Störgröße, die am Streckeneingang angreift (Signalbezeichnungen von Standard PID Control)

2.4 Mehrschleifige Regelungen

Prozesse mit abhängigen Regelgrößen

Das Produkt ”Standard PID Control” enthält vorbereitete Beispiele (Example3 ... Example5, siehe *Kapitel 7*), mit denen Sie auf einfache Weise mehrschleifige Regelungen realisieren können. Die Anwendung solcher Regelungsstrukturen bringt immer dann Vorteile, wenn Prozesse mit prozessgebundenen oder zahlenmäßig voneinander abhängenden Regelgrößen vorliegen.

Wie diese Reglerstrukturen aufgebaut sind und wie sie eingesetzt werden, sollen Ihnen nachstehende Erläuterungen zeigen.

Mehrschleifige Verhältnisregelung (Example3)

Immer dann, wenn in Prozessen das Verhältnis zweier oder mehrerer Regelgrößen wichtiger ist als das Konstanthalten ihrer Absolutwerte, wird der Einsatz einer **Verhältnisregelung** erforderlich (Bild 2-5).

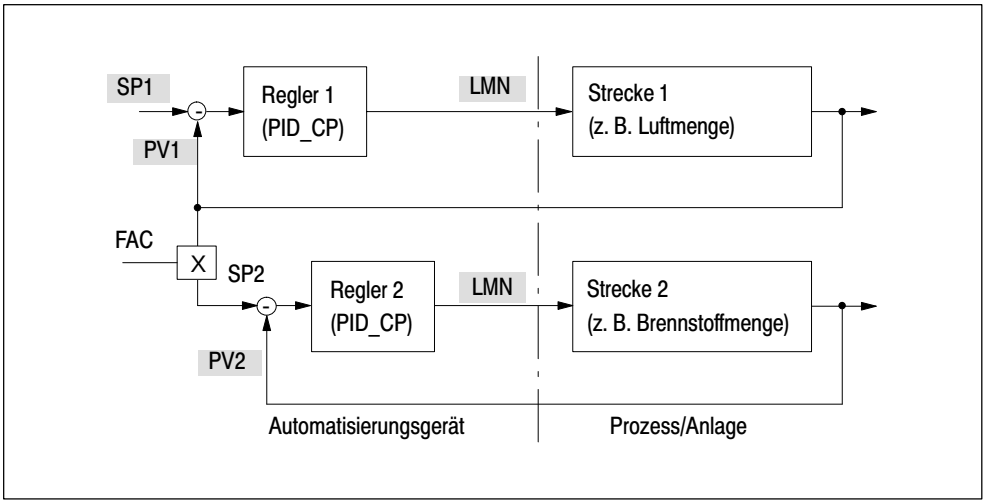


Bild 2-5 Verhältnisregelung mit zwei Regelkreisen (Example3)

Im Allgemeinen handelt es sich bei den in einem bestimmten Verhältnis zu regelnden Prozessgrößen um Durchflüsse bzw. Mengen, wie sie z. B. bei Verbrennungsprozessen vorkommen. In Bild 2-5 wird die im Regelkreis 2 geregelte Brennstoffmenge in einem über **FAC** einstellbaren Verhältnis der an **SP1** eingestellten Luftmenge nachgeführt.

Mischungsregelung (Example4)

Bei einem Mischungsprozess muss einerseits die Gesamtmenge der zu mischenden Stoffe geregelt werden, andererseits müssen die Komponenten in bestimmten konstant zu haltenden Verhältnissen bzw. Prozentsätzen in die Gesamtmenge eingehen.

Aus diesen Forderungen ergibt sich (aus der Verhältnisregelung abgeleitet) eine Regelungsstruktur, in der für jede Mischungskomponente eine Mengenregelung vorgesehen ist. Deren Sollwerte werden hier nach Maßgabe der fest eingestellten Anteils- bzw. Verhältnisfaktoren (FAC) durch die Stellgröße des Gesamtmengenreglers beeinflusst (Bild 2-6).

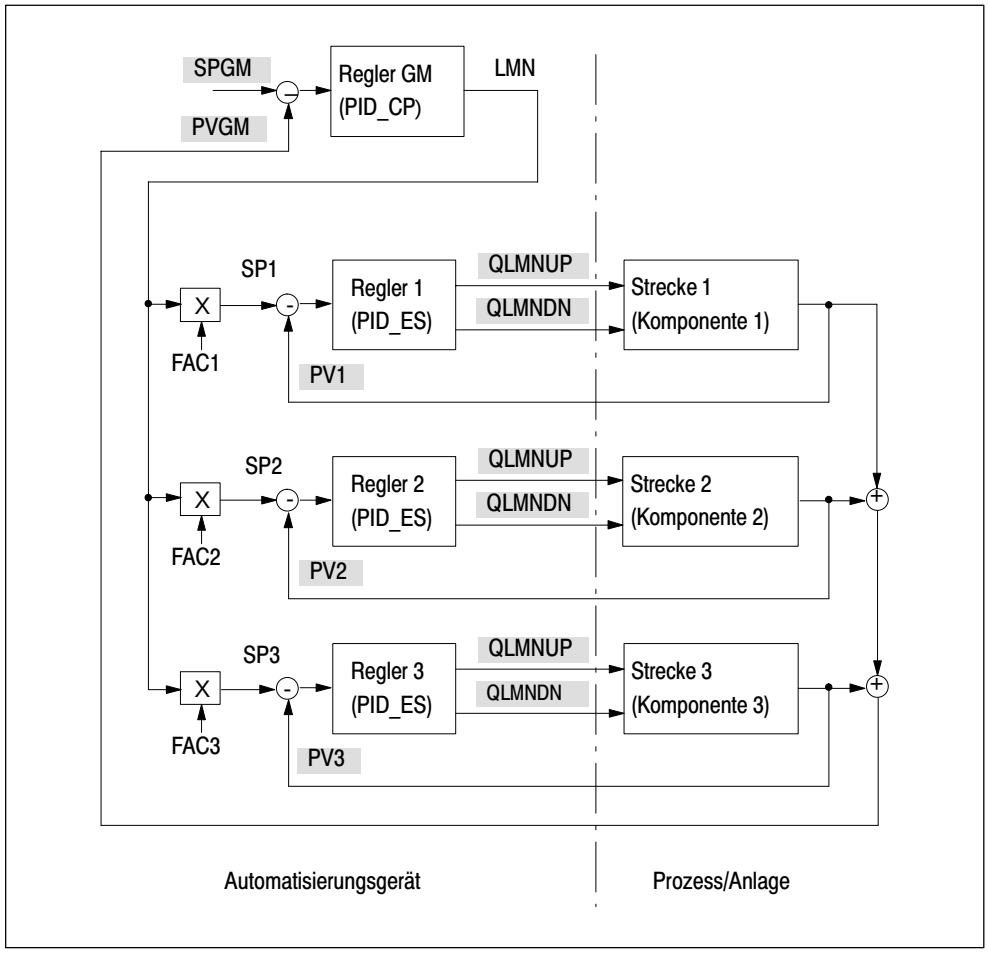


Bild 2-6 Mischungsregelung für drei Komponenten (Example_4)

Die Reglerstruktur für die Mischungsregelung (Example4) enthält einen Regler mit kontinuierlichem Ausgang (PID_CP) für die Regelung der Gesamtmenge GM sowie drei Schrittregler (PID_ES) für die unterlagerte Regelung der Einzelkomponenten 1...3, die sich gemäß den eingestellten Faktoren FAC1... FAC3 zur Gesamtmenge zusammensetzen (Additionsstellen!).

Kaskadenregelung (Example5)

Wenn sich in einem Prozess neben der eigentlichen zu regelnden Prozessgröße eine Zwischengröße (Hilfsregelgröße) ableiten lässt, die einer eigenen Regelung unterworfen werden kann, dann erhält man bezüglich der Hauptregelgröße meist bessere Regelergebnisse als mit einer einschleifigen Regelung.

Die Zwischengröße PV2 wird in einem unterlagerten Folgeregelkreis ausgeregelt (Bild 2-7). Damit werden Störungen aus diesem Anlagenbereich vom Einfluss auf die qualitätsbestimmende Hauptregelgröße PV1 ferngehalten. Strukturbedingt werden innere Störgrößen schneller ausgeregelt, da sie nicht die gesamte Regelstrecke durchlaufen müssen. Der Führungsregler kann in diesem Fall empfindlicher eingestellt sein, mit dem Vorteil einer schnelleren und genaueren Ausregelung auf den festen Sollwert SP.

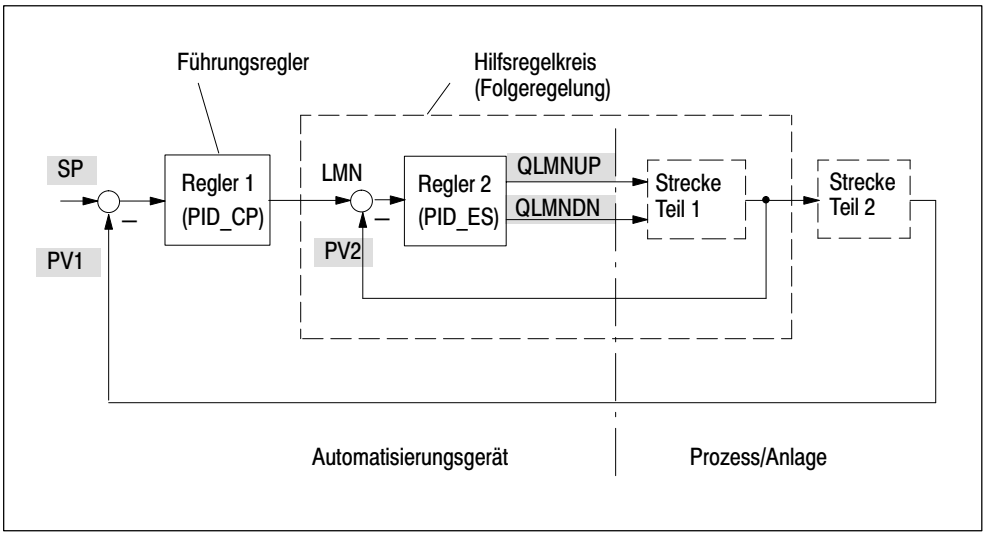


Bild 2-7 Zweischleifige Kaskadenregelung (Example5)

Die Reglerstruktur für die Kaskadenregelung (Example5) enthält einen Regler mit kontinuierlichem Ausgang (PID_CP) für die Regelung der Führungsgröße des Hilfsregelkreises sowie einen Schrittregler (PID_ES) für die unterlagerte Regelung der Zwischengröße PV2 (Folgeregler).

2.5 Struktur und Arbeitsweise von Standard PID Control

Die Abtastregelung

Die mit ”Standard PID Control” realisierbaren Regler sind grundsätzlich digitale Abtastregler (DDC-Regler, = Direct Digital Control). Abtastregler arbeiten zeitgesteuert, d. h. sie werden in immer gleichen Zeitabständen (der Abtastzeit CYCLE) bearbeitet. Die Abtastzeit bzw. die Häufigkeit, mit der ein bestimmter Regler bearbeitet wird, kann eingestellt werden.

Im Bild 2-8 ist der einfache Regelkreis mit dem Standard-Regler dargestellt. Anhand des Bildes sollen die Bezeichnungen der wichtigsten Kreisgrößen sowie deren in diesem Handbuch verwendeten Parameterbezeichnungen (Abkürzungen) noch einmal in Erinnerung gerufen werden.

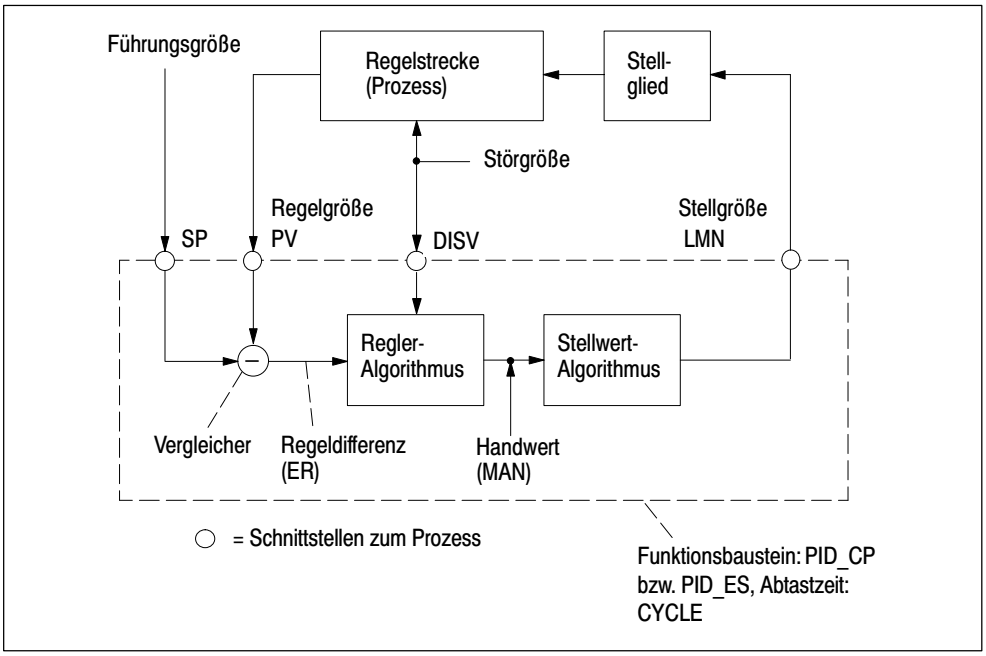


Bild 2-8 Abtastregler von Standard PID Control im Regelkreis

Bei den Regelfunktionen, die in den Funktionsbausteinen PID_CP und PID_ES realisiert werden, handelt es sich um reine Software-Regelungen. Deren Ein- und Ausgangswerte werden mit Hilfe von digitalen Algorithmen auf einer CPU bearbeitet.

Da die Bearbeitung der Reglerbausteine im Prozessor der CPU seriell erfolgt, können Eingangswerte nur zu diskreten Zeitpunkten erfasst und ebenso Ausgangswerte nur zu definierten Zeitpunkten ausgegeben werden. Dieses Verhalten ist das Charakteristikum der **Abtastregelung**.

Regel-Algorithmus und konventionelle Regelung

Der Regel-Algorithmus im Prozessor bildet den Regler unter Echtzeitbedingungen nach. Zwischen den Abtastzeitpunkten reagiert die Regelung auf Änderungen der Prozessgröße PV nicht und die Stellgröße LMN bleibt unverändert.

Vorausgesetzt jedoch, die Abtastung geschieht in so kurzen Abständen, dass die Folge der Abtastwerte den kontinuierlichen Messgrößenverlauf annähernd getreu wiedergibt, lässt sich die digitale Regelung als eine quasikontinuierliche betrachten. Es können auch im Falle von ”Standard PID Control” die üblichen Methoden zur Ermittlung von Struktur und Kennwerteinstellung wie bei kontinuierlichen Reglern angewendet werden.

Diese Voraussetzung für die Erstellung und Dimensionierung von Regelungen mit dem Regelungspaket “Standard PID Control” ist dann erfüllt, wenn die Abtastzeit (CYCLE) kürzer ist als 20 Prozent der Gesamtstreckenzeitkonstante.

Wird diese Bedingung eingehalten, lassen sich die Funktionen von ”Standard PID Control” wie die von konventionellen Reglern beschreiben. Der gleiche Funktionsvorrat steht mit den gleichen Möglichkeiten für die Überwachung von Regelkreisgrößen und für das Tuning der Reglers zur Verfügung.

Die Funktionalität von ”Standard PID Control”

Die folgenden Bilder zeigen die vorkonfektionierten Reglerstukturen von Standard PID Control als Blockschema. Im Bild 2-9 ist der kontinuierliche Regler mit den Signalverarbeitungszweigen für Ist- und Sollwert, dem Regler und dem Stellwertzweig dargestellt. Sie erkennen daran, welche Funktionen – nach der Signalumformung am Eingang – zu realisieren sind und welche nicht.

Das Funktionsinventar von ”Standard PID Control” ist zwar starr, kann jedoch in allen Signalverarbeitungszweigen um jeweils eine eigene Funktion (FC) erweitert werden.

In den Bildern 2-10 und 2-11 wird die Stellwertbildung beim Schrittregler in den Varianten mit und ohne Stellungsrückmeldung dargestellt. Daraus wird ersichtlich, wie bei fehlender Stellungsrückmeldung ein quasi-stellungsproportionales Rückführsignal aus den Einschaltdauern der Binärausgänge erzeugt wird.

- Detaillierte Beschreibungen der jeweiligen Funktionen finden Sie in den *Kapiteln 4* bis *7* des Handbuches. Hintergrund- und Orientierungsinformationen sind außerdem in der Online-Hilfe verfügbar.
- Die Strukturbilder im folgenden Abschnitt enthalten Einzelheiten mit Parameterbezeichnungen und Struktur- bzw. Betriebsartenschaltern (*siehe Kapitel 2.6*).
- Eine genaue Darstellung des gesamten Signalflusses im kontinuierlichen Regler und im Schrittregler finden Sie in den Blockschaltbildern im *Kapitel 8.2*.

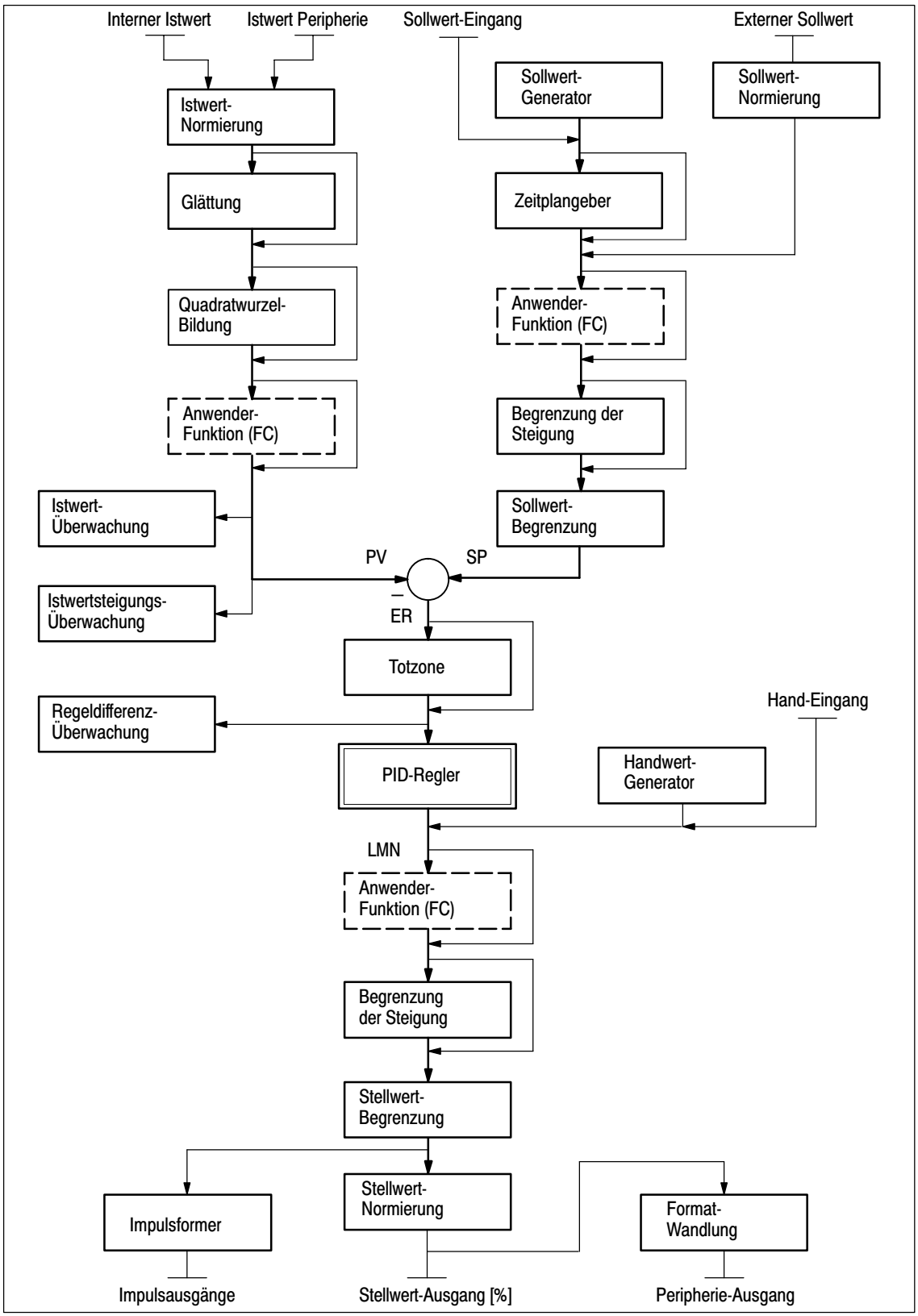


Bild 2-9 Funktionskette von Standard PID Control (kontinuierlicher Regler)

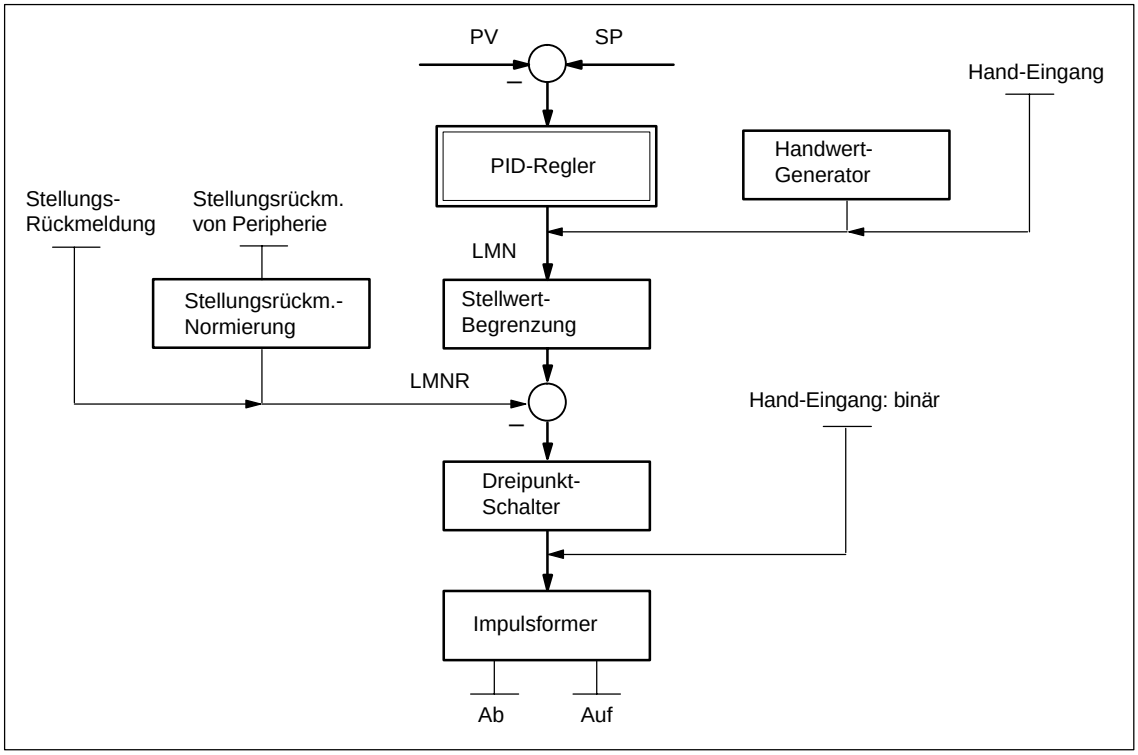


Bild 2-10 Stellwertzweig des Schrittreglers mit Stellungsrückmeldung

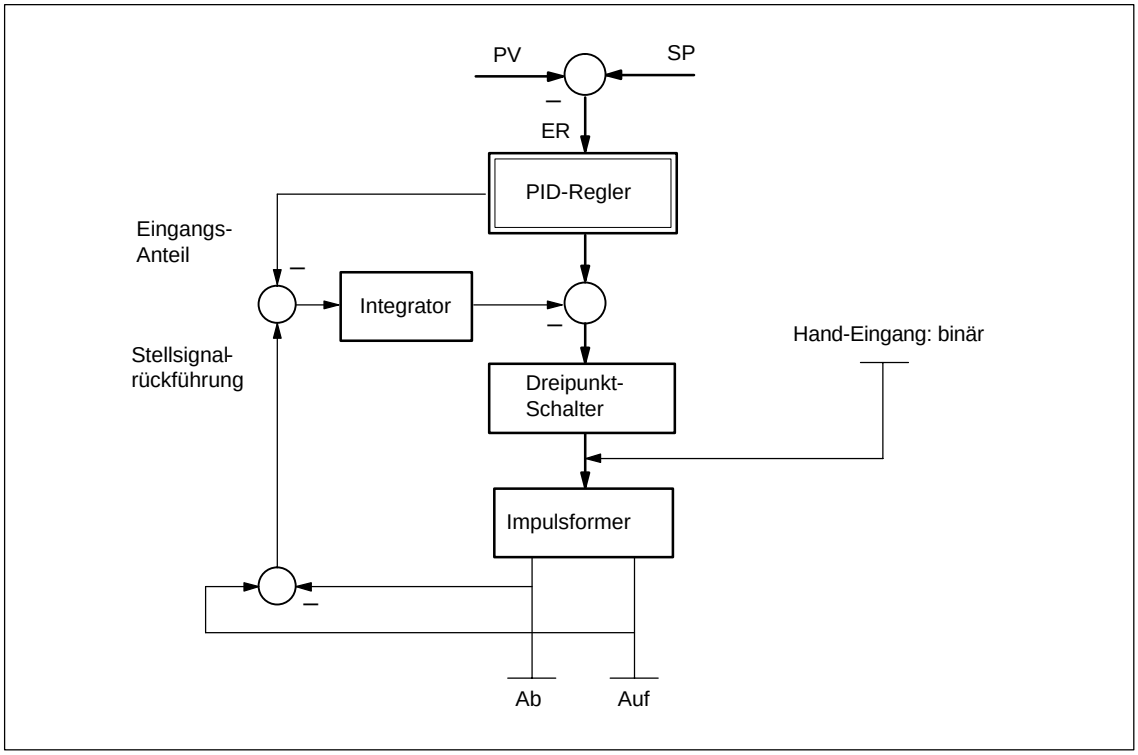


Bild 2-11 Stellwertzweig des Schrittreglers ohne Stellungsrückmeldung

2.6 Signalflusspläne

Signalflussdarstellungen

Die nachstehenden Grafiken zeigen schematisierte Übersichten über die Funktionen von Standard PID Control. Deutlich ist die Vielzahl der (SW-)Schalter, mit deren Hilfe Sie die von Ihnen benötigte Funktionsauswahl in der Struktur bestimmen.

Analog zur Darstellung der Schalter im Konfigurationswerkzeug bedeutet der schwarze Punkt in den Schaltersymbolen, dass das Schaltsignal den nebenstehenden boolschen Wert (0 = FALSE oder 1 = TRUE) hat und dass der Signalweg jeweils über diesen Punkt durchgeschaltet ist. Die Schaltsignale (Binärsignale) sind durch gestrichelte Linien gekennzeichnet.

In den Plänen sind jeweils Teilfunktionen mit den durch die Voreinstellung der Schalterbits im Auslieferungszustand bestimmten Signalwegen dargestellt. Generell haben alle Schaltsignale in der Ausgangsparametrierung den Wert FALSE (Ausnahme P_SEL sowie I_SEL und MAN_ON = TRUE).

Das bedeutet, es wird der Sollwert absolut über SP_INT vorgegeben, das gleiche gilt für die Eingabe des Istwertes über PV_IN. Als Regelfunktion ist ein normaler PI-Regler mit P-Funktion im Vorwärtszweig eingestellt. Der Regelkreis ist geöffnet, und die Stellgröße wird im Prozent-Bereich über den Eingang MAN beeinflusst. Alle übrigen Funktionen sind passiv oder – falls nicht abschaltbar – durch Vorbesetzung von ”Rand”-Parametern bei Signalverlauf innerhalb des Mess- bzw. Arbeitsbereiches nicht wirksam.

Symbole und Kennungen in den Signalflussplänen

Die Bezeichnungen der anschließbaren Prozessgrößen sind unterlegt dargestellt. Sie erkennen daran, wo die Reglerstruktur mit der S7-Peripherie oder direkt mit den Mess- und Stellgliedern des Prozesses verbunden werden kann.

Parameterbezeichnungen mit der Buchstabengruppe ”OP” (z. B. SP_OP/ SP_OP_ON) verweisen auf den an dieser Stelle möglichen Eingriff über das Konfigurationswerkzeug von Standard PID Control. Das Konfigurationswerkzeug hat eine eigene Schnittstelle zum Regler-FB.

Zwischengrößen im Signalverlauf können durch die mit Kreisen markierten Messpunkte MP1 ... MP12 beobachtet werden. Diese Zwischengrößen werden zum Abgleich von Werten vor Auslösung ”stoßfreier” Umschaltvorgänge oder zur Einsichtnahme in aktuelle Zustände der betreffenden Regelung benötigt. Die Messpunktgrößen im Kurvenschreiber des Konfigurationswerkzeugs können (statisch und dynamisch) dargestellt werden.

Der Übersichtlichkeit wegen sind die Parameter zur Einstellung und Dimensionierung der Bearbeitungsvorgänge (Algorithmen) bei den einzelnen Funktionsblöcken jeweils mit angegeben. Wir verweisen dazu auf die Beschreibungen im Referenzteil und auf die Darstellung einzelner Teilfunktionen in den folgenden Abschnitten.

Signalverarbeitung im Zweig der Führungsgröße

- **Festeinstellung des Sollwerts** (SP_GEN)

  Bei Festwertregelungen wird der Sollwert am Sollwertgenerator SP_GEN per Schalterbetrieb gewählt und fest eingestellt.

- **Sollwerteinstellung per Zeitplan** (RMP_SOAK)

  Bei der Regelung von Prozessen auf unterschiedliche Sollwerte nach einem zeitgesteuertem Programm erzeugt der Zeitplangeber RMP_SOAK nach entsprechender Parametrierung die gewünschte Fahrkurve der Führungsgröße und beeinflusst damit den Prozess im Sinne eines definierten Änderungsprofils der Regelgröße.

- **Änderungsbegrenzung der Führungsgröße** (SP_ROC)

  Die Umwandlung von Sollwertsprüngen in einen rampenförmigen Anstieg oder Abfall der Führungsgröße verhindert Eingangssprünge auf den Prozess. Die Funktion SP_ROC begrenzt die Sollwertsteigung getrennt für An- und Abstieg sowie für positive und negative Werte der Führungsgröße.

- **Absolutwertbegrenzung der Führungsgröße** (SP_LIMIT)

  Um unzulässige Prozesszustände zu verhindern, wird der Einstellbereich der Führungsgröße durch SP_LIMIT nach oben und unten begrenzt.

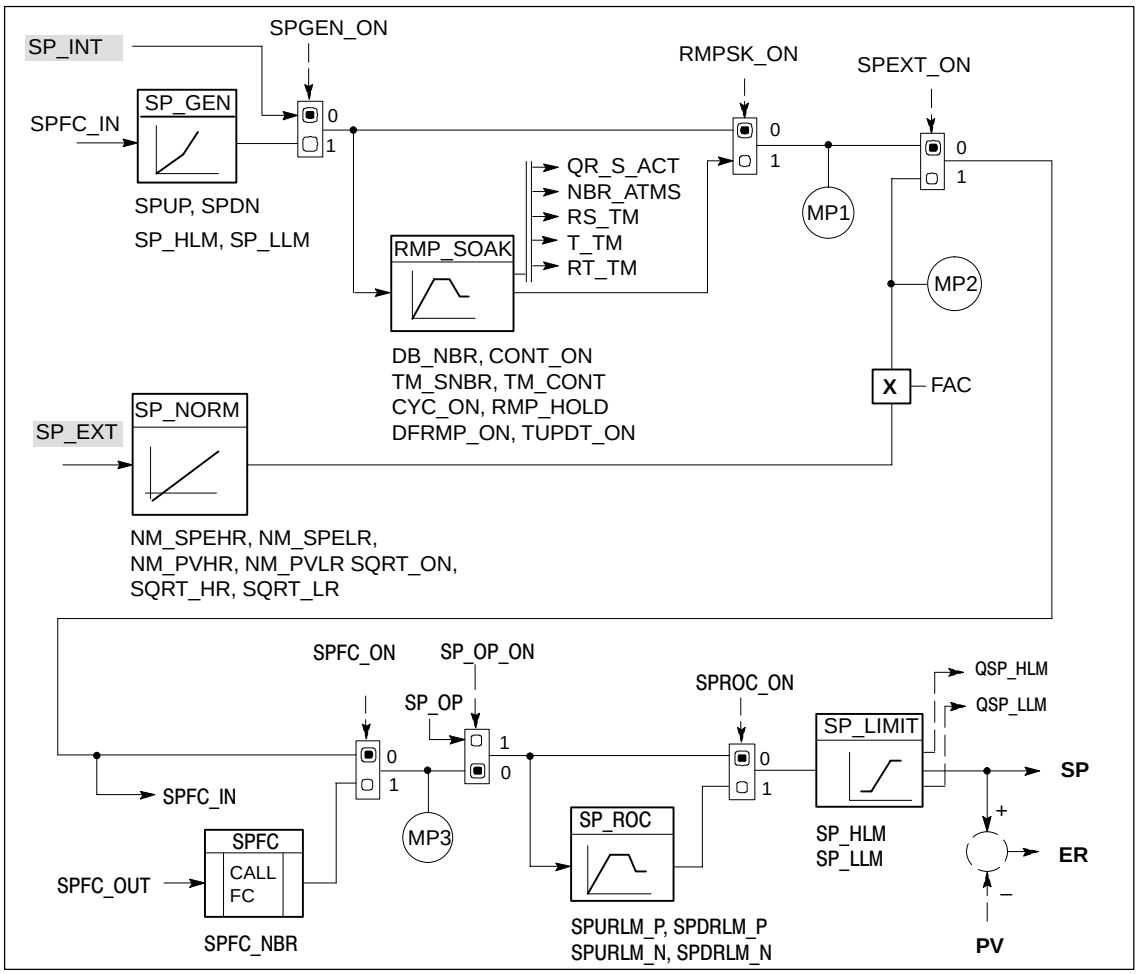


Bild 2-12 Signalflussplan der Sollwertverarbeitung

Signalverarbeitung im Zweig der Regelgröße

- **Verzögerung der Regelgröße** (LAG1ST)

  Zur Glättung von Prozesssignalen mit überlagerten schnellen Schwingungen (Noise) wird ein Verzögerungslied erster Ordnung im Istwertzweig eingesetzt. Diese Funktion dämpft die analoge Regelgröße je nach eingestellter Zeitkonstante PV_TMLAG mehr oder weniger stark. Störsignale werden so wirksam unterdrückt. Insgesamt wird dadurch jedoch auch die Zeitkonstante des Gesamtregelkreises erhöht, d. h. die Regelung wird träger.

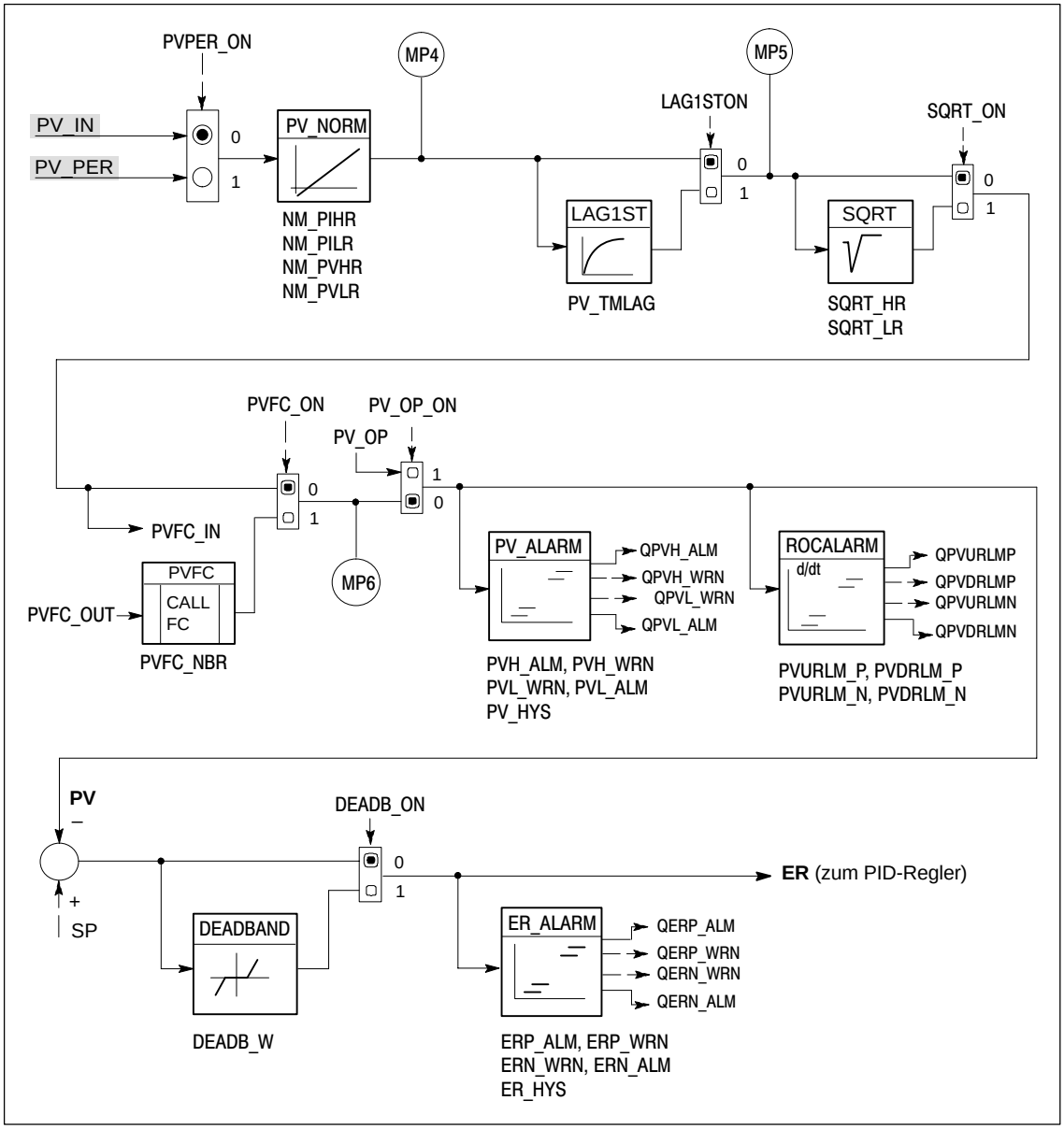


Bild 2-13 Signalflussplan der Istwert- und Regeldifferenzverarbeitung

- **Radizierung der Regelgröße** (SQRT)

  Bei einer quadratischen Abhängigkeit des Messsignals vom physikalischen Wert (Durchflussmessung über Wirkdruckerfassung) ist es erforderlich, die Regelgröße durch Radizierung (Quadratwurzel-Algorithmus) zu linearisieren. Nur eine lineare Größe lässt sich mit dem linearen Sollwert für den Durchfluss vergleichen und im Regelalgorithmus verarbeiten. Im Istwertzweig ist dafür das wahlweise zuschaltbare Funktionsglied SQRT vorgesehen.

- **Überwachung der Regelgrößen-Steigung** (ROCALARM)

  Wenn die Änderungsgeschwindigkeit der Regelgröße sehr groß bzw. zu groß wird, so deutet das auf gefährliche Prozesszustände hin, auf die das Automatisierungssystem gegebenenfalls reagieren muss. Zu diesem Zweck erzeugt die Funktion ROCALARM bei Überschreitung vorgebbarer Steigungswerte durch PV (positiv oder negativ) entsprechende Alarmsignale, die entsprechend weiterverarbeitet werden können.

- **Überwachung der Absolutwerte von Regelgröße und Regeldifferenz**

  Der Verlauf der Regelgröße und der Regeldifferenz wird durch die jeweilige Überwachungsfunktion PV-ALARM bzw. ER_ALARM auf die Über-/Unterschreitung von jeweils zwei Grenzwerten überwacht.

- **Überlagerung durch Signalrauschen** (DEADBAND)

  Um störendes Signalrauschen auf den Kanälen der Regelgröße oder der externen Führungsgröße auszufiltern, wird die Regeldifferenz über ein zuschaltbares Totzonenglied geführt. Je nach Störamplitude kann hier eine unterschiedlich breite Unempfindlichkeitszone für die Signalübertragung eingestellt werden. Dabei ist eine von der Breite der eingestellten Unempfindlichkeitszone abhängige Verfälschung des übertragenen Signals in Kauf zu nehmen.

Signalverarbeitung im PID-Regler

- **Normale PID-Reglerfunktion**

  Die per aktuellem Schaltzustand in Bild 2-14 wirksame Struktur realisiert einen PI-Regler mit paralleler Verarbeitung der Signale des P- und des I-Anteils. D-SEL = TRUE ergänzt den Regelalgoritmus um die Parallelverarbeitung im D-Zweig. Über ± GAIN wird der Proportionalbeiwert bzw. die Verstärkung des Reglers bestimmt, negatives Vorzeichen bedeutet Fallen der Stellgröße bei steigender Regelgröße.

- **PD in Rückführung**

  Wird die Bildung des P- und D-Anteils in die Rückführung (PFDB_SEL und DFDB_SEL = TRUE) verlegt, dann verursachen sprungförmige Änderungen des Sollwertes keine Sprünge im Verlauf der Stellgröße. Der Faktor ”–1” bewirkt eine negative Aufschaltung des Rückführeinflusses.

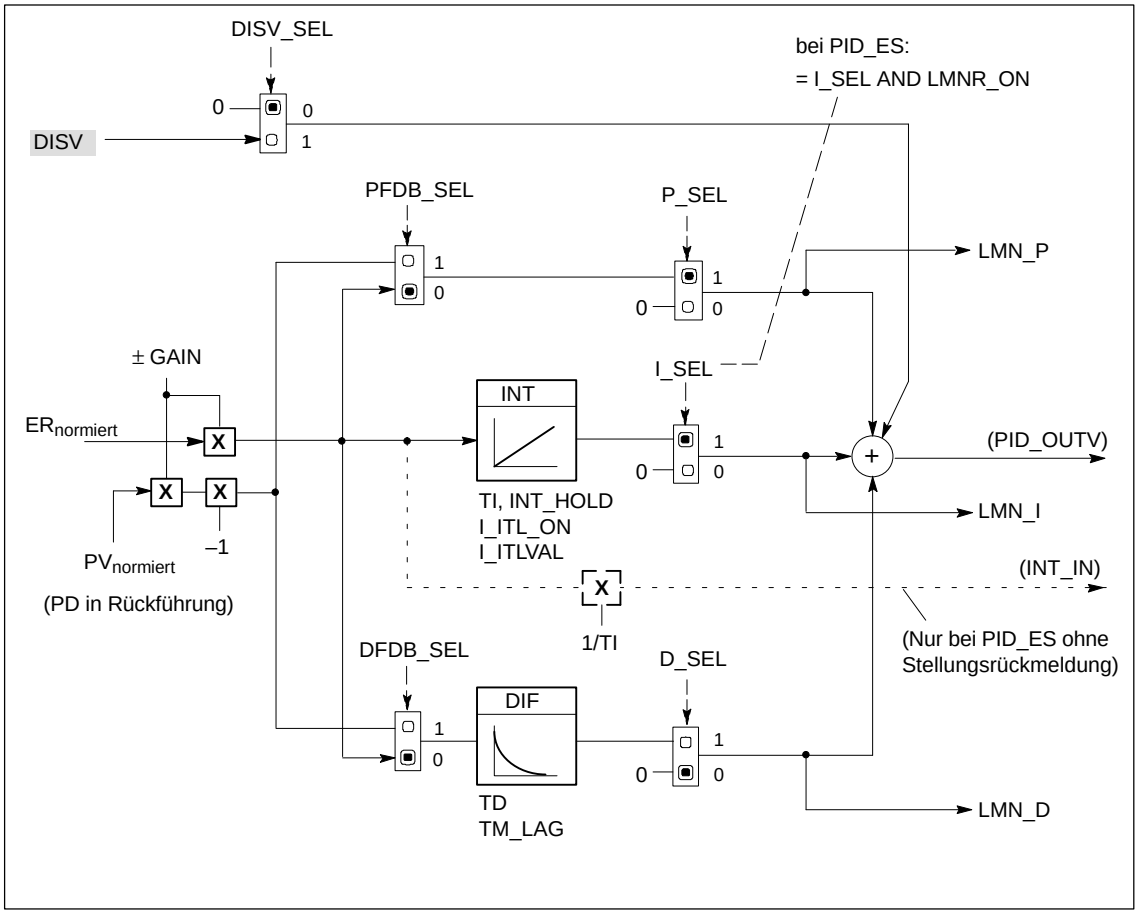


Bild 2-14 Signalflussplan der Regelfunktionen

Signalverarbeitung im Zweig der analogen Stellgröße

- **Festeinstellung des Handwerts** (MAN_GEN)

  Bei Handbetrieb der Stellgröße (Regelkreis offen) wird der Stellwert am Handwertgenerator MAN_GEN per Schalterbetrieb gewählt und fest eingestellt.

- **Änderungsbegrenzung der Stellgröße** (LMN_ROC)

  Die Umwandlung von sehr schnellen sprungförmigen Stellwertänderungen in einen rampenförmigen Anstieg oder Abfall der Stellgröße verhindert Eingangssprünge auf den Prozess. Die Funktion (LMN_ROC) begrenzt die Stellwertsteigung getrennt für An- und Abstieg der Stellgröße.

- **Absolutwertbegrenzung der Stellgröße** (LMNLIMIT)

  Um unzulässige Prozesszustände zu vermeiden, bzw. um eingeschränkte Verfahrbedingungen des Stellgliedes einzuhalten, wird der Einstellbereich der Stellgröße durch LMNLIMIT nach oben und unten begrenzt.

- **Aktivieren der Kaskadenregelung**

  Das OR-Gatter erzeugt abhängig von der Kombination der Schaltzustände von Standard PID Control ein Freigabesignal für die Kaskadenkoppelung.

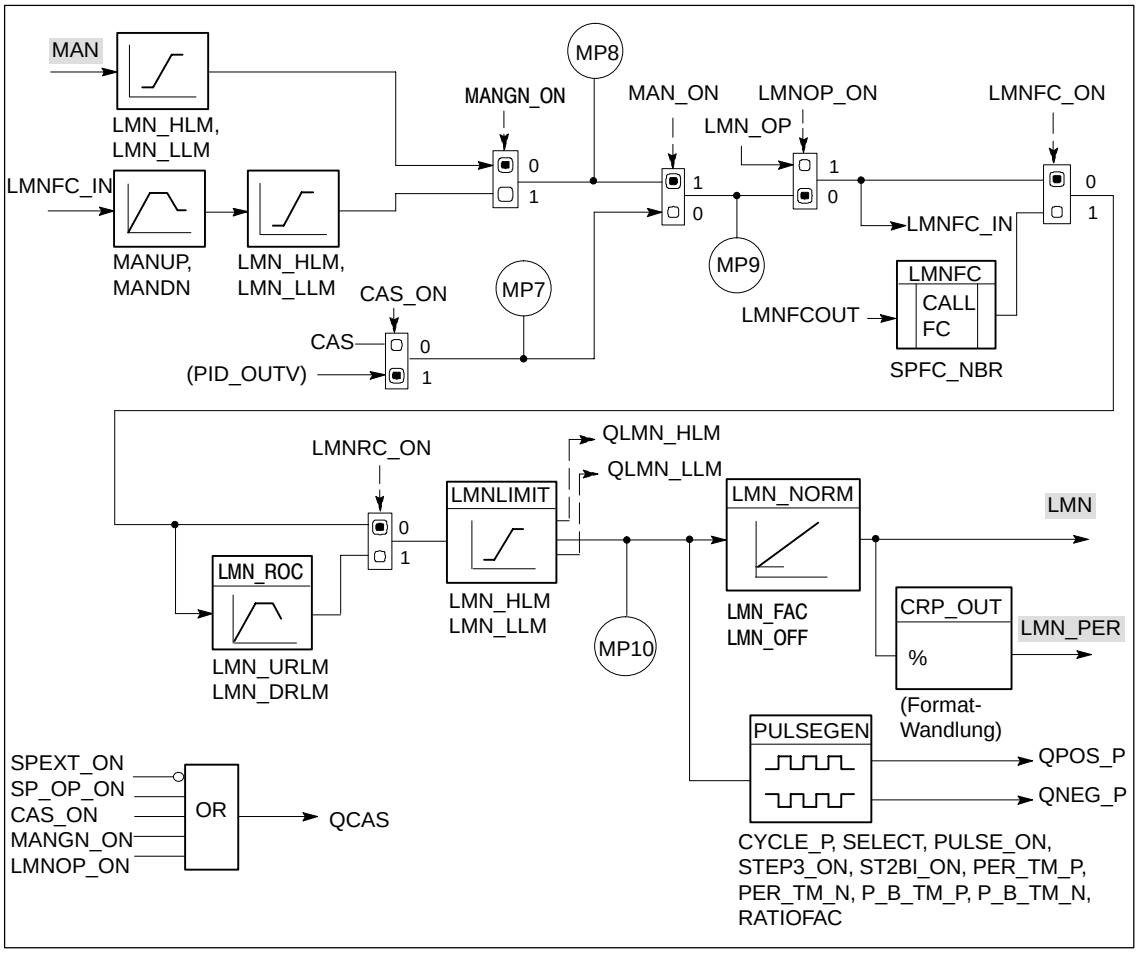


Bild 2-15 Signalflussplan der Stellsignalbildung des kontinuierlichen Reglers

Stellsignalverarbeitung: Schrittregler mit Stellungsrückmeldung

- **Festeinstellung des Handwerts und Stellgrößenbegrenzung**

  Die Funktionen zur Einstellung des Handwerts und zur Begrenzung des Absolutwerts der Ausgangsgröße sind die gleichen wie beim Regler mit kontinuierlichem Ausgang.

- **Bildung des binären Stellsignals** (THREE_ST, PULSEOUT)

  Der Dreipunktschalter THREE_ST erzeugt je nach Vorzeichen der Eingangsdifferenz über die Pulsformerstufe PULSEOUT einen positiven oder negativen Ausgangsimpuls, der bis zum Verschwinden der Eingangsgröße anliegt. Die selbstadaptive Schalthysterese verhindert zu häufiges Schalten des Ausgangs.

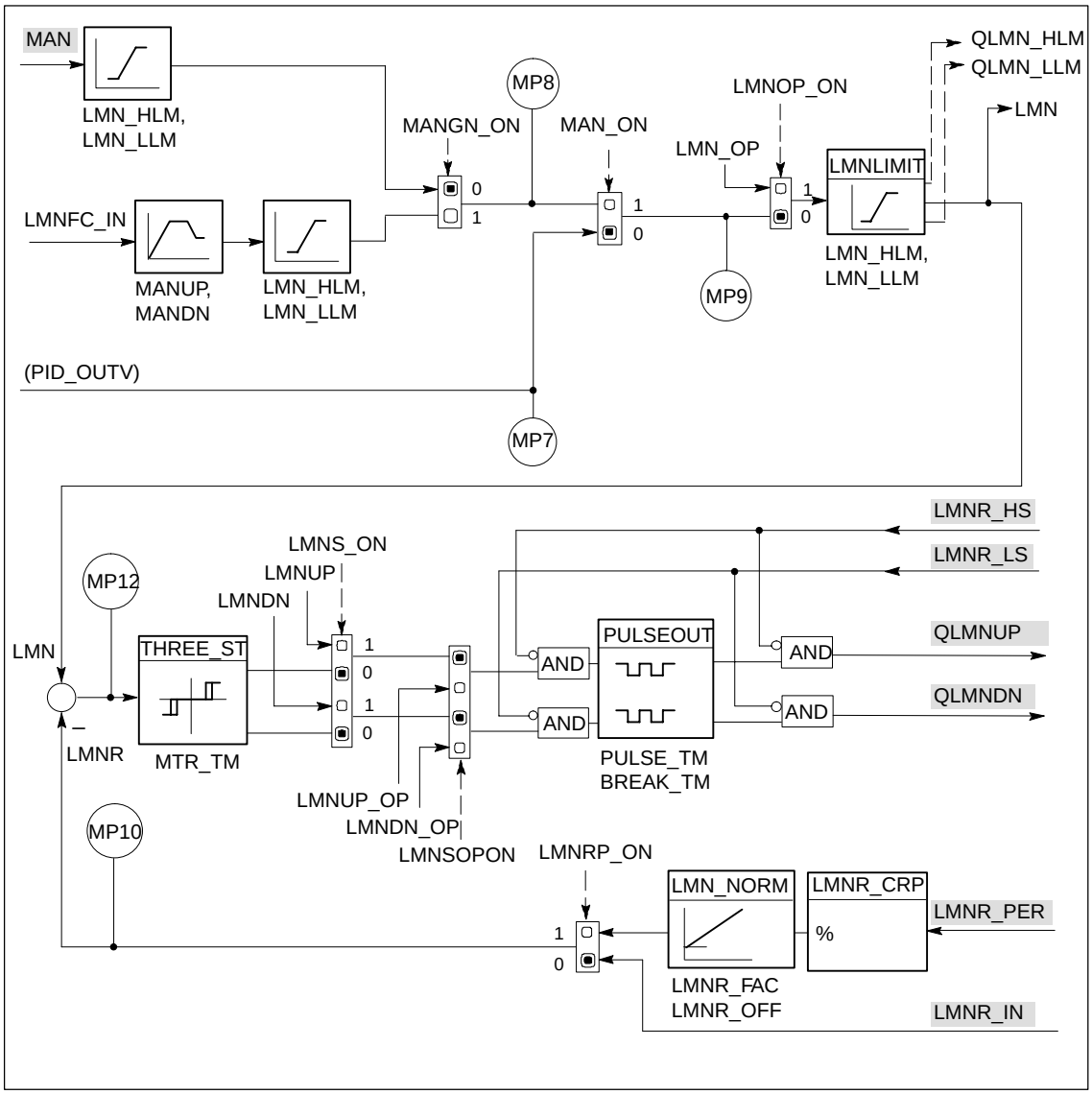


Bild 2-16 Signalflussplan der Stellgrößenbildung des Schrittreglers mit Stellungsrückmeldung (LMNR_ON = TRUE)

Stellsignalverarbeitung: Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung

- **Erzeugung des binären Stellsignals**

  Die Bildung des Ausgangssignals durch Dreipunktschalter mit Hysterese und Impulsformerstufe ist bei allen Schrittreglern identisch. Zeitparameter für die Berücksichtigung der Stellzeit des Motorantriebs (MTR_TM) und die Einstellung der Impuls-/Pausendauer (PULSE_TM und BREAK_TM) sind einstellbar.

- **Simulation der Stellungsrückmeldung**

  Die selbsttätige Ermittlung der Regelparameter durch die Optimierungsfunktion des Konfigurationswerkzeugs erfordert immer ein die Position des Stellgliedes repräsentierendes Signal als Eingangsgröße. Die dafür vorhandene Simulations-Funktion erfordert keine Parametrierung und ist für den Normalbetrieb des Schrittreglers nicht relevant.

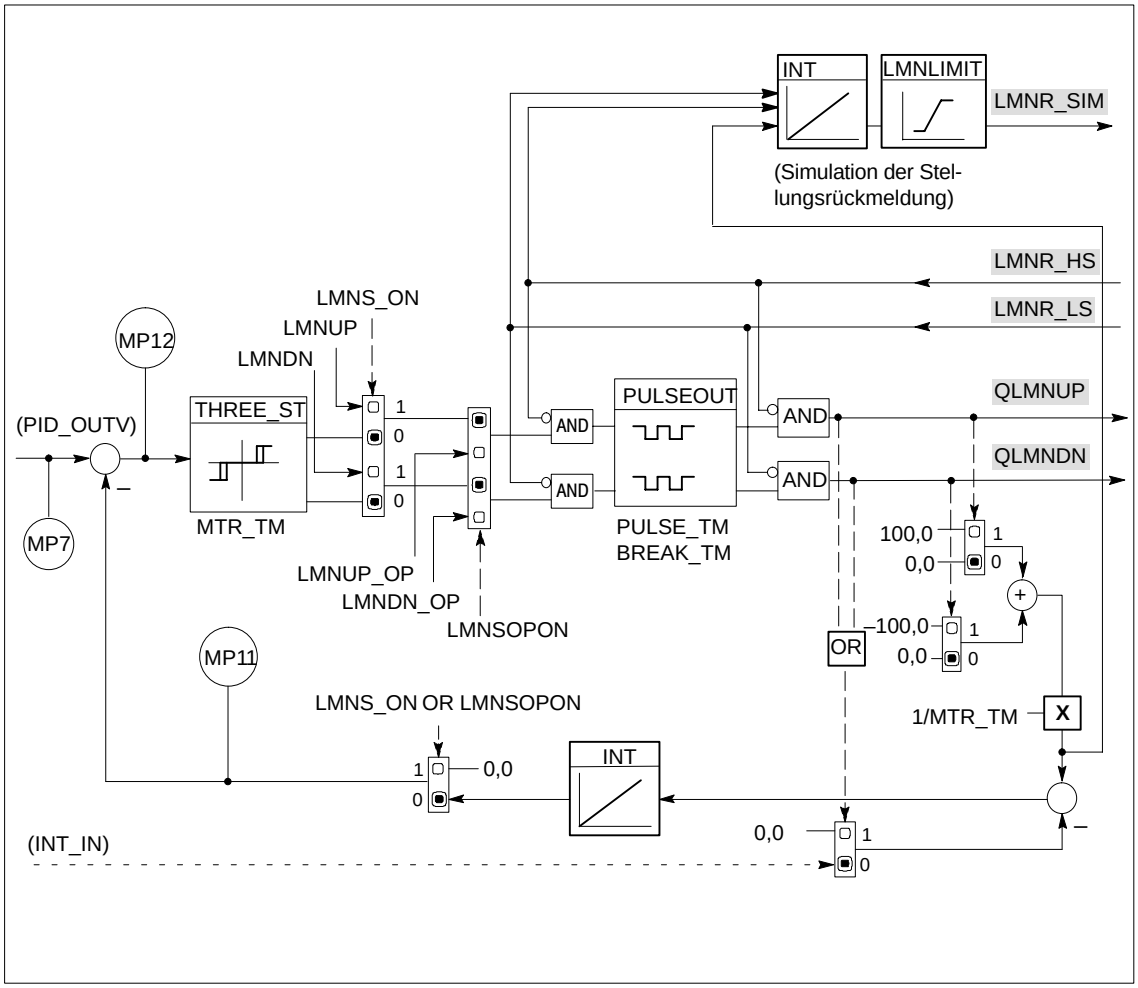


Bild 2-17 Blockschaltbild Stellgrößenbildung des Schrittreglers ohne Stellungsrückmeldung (LMNR_ON = FALSE)

Konfigurieren und Inbetriebsetzen von Standard PID Control

3

3.1 Definieren der Regelaufgabe

Spezifizieren der Aufgabe

Vor der Realisierung eines Regelkreises mit Hilfe von Standard PID Control müssen Sie sich Klarheit verschaffen über die prozesstechnische Automatisierungsaufgabe, das einzusetzende Automatisierungssystem und das Bedien- und Überwachungsumfeld. Zur Spezifizierung der Aufgabe sind demnach erforderlich:

1. Kenntnisse über den zu regelnden Prozess, d. h. über die charakteristischen Kennwerte der Regelstrecke (Verstärkung, Ersatzzeitkonstante, Störgrößen usw.).
2. Festlegung der CPU, auf der Standard PID Control installiert und bearbeitet werden soll.
3. Definieren von Signalbearbeitungs- und Überwachungsfunktionen neben und zusätzlich zu den Kernfunktionen des Reglers.

Im Kapitel 2.1 wurde bereits auf Prozesseigenschaften und die Ermittlung von Kenngrößen für das Prozessverhalten eingegangen, so dass wir empfehlen, bei der Spezifizierung einer konkreten Aufgabe gegebenenfalls dort nachzulesen. Auch finden Sie dort Hinweise und Erläuterungen zur Ermittlung von Streckeneigenschaften und Reglerparametern mit Hilfe des Konfigurationswerkzeugs.

Der Einsatz des Konfigurationswerkzeugs entbindet Sie weitgehend von den Aufgaben (Punkt 1.) zur Ermittlung der Prozesskenngrößen.

Vorkenntnisse und Voraussetzungen

Da mit ”Standard PID Control” Softwareregler auf der Grundlage von Standard-Funktionsbausteinen (hier PID_CP bzw. PID_ES) aus der S7-Bausteinwelt generiert werden, sind Kenntnisse über den Umgang mit S7-Bausteinen und den Aufbau von S7-Anwenderprogrammen (z. B. in der Programmiersprache S7-AWL) notwendig.

Obwohl die Funktionalität der zu realisierenden Regelung ausschließlich durch Parametrierung definiert wird, erfordert die Verschaltung des Reglerbausteins mit der Prozessperipherie sowie seine Einbindung in das Aufrufschema der CPU Kenntnisse, die in diesem Handbuches nicht behandelt werden.

Im einzelnen benötigen Sie:

- Informationen über das Arbeiten mit STEP 7 (**/231/**),
- Basiswissen über das Programmieren mit STEP 7 (**/232/**, **/234/**),
- Daten über das verwendete Automatisierungssystem (**/70/**, **/71/**, **/100/**, **/101/**).

Die Regelstrecke

Bezüglich Art und Komplexität der mit Standard PID Control beherrschbaren Prozesse bestehen kaum Einschränkungen. Solange es sich um Eingrößensysteme ohne differenzierendes Übertragungsverhalten und ohne allpasshaltige Anteile handelt, können alle vorkommenden Streckentypen mit und ohne Ausgleich, d. h. mit I-Gliedern und ohne I-Glieder geregelt werden (Bild 3-1).

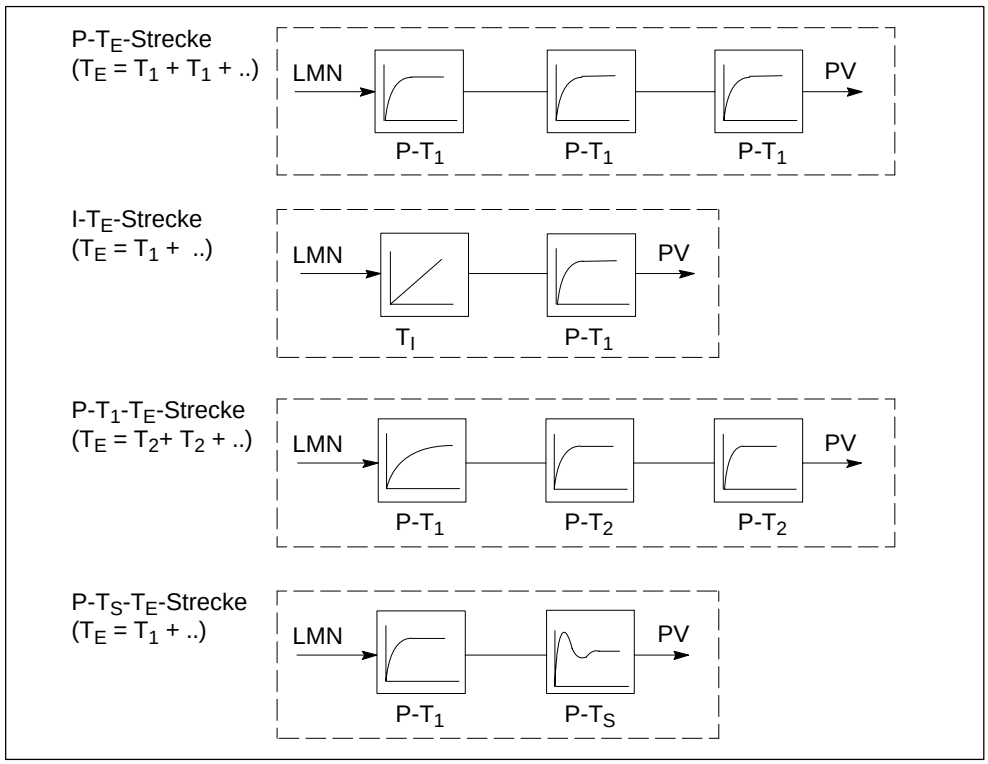


Bild 3-1 Mit Standard PID Control beherrschbare Regelstreckenarten

Die von Standard PID Control zu verarbeitende Prozessgröße PV ist in der Regel eine analoge physikalische Größe (Spannung, Strom, Widerstand usw.), die über eine zugeordnete S7 Analogeingabebaugruppe digitalisiert und in das einheitliche STEP 7 Peripheriesignal PV_PER umgewandelt wird.

Die Werte dieser Signale werden in entsprechenden Speicherzellen bzw. Speicherbereichen des CPU-Anwenderspeichers abgelegt. Deren Adressierung kann absolut oder nach Eintrag in die Signalliste der CPU auch symbolisch erfolgen.

Liegt in Sonderfällen die Prozessgröße als Gleitpunktzahl vor, so kann dieser Wert als Regelgröße direkt mit dem Eingang PV_IN verschaltet werden (Bild 3-2).

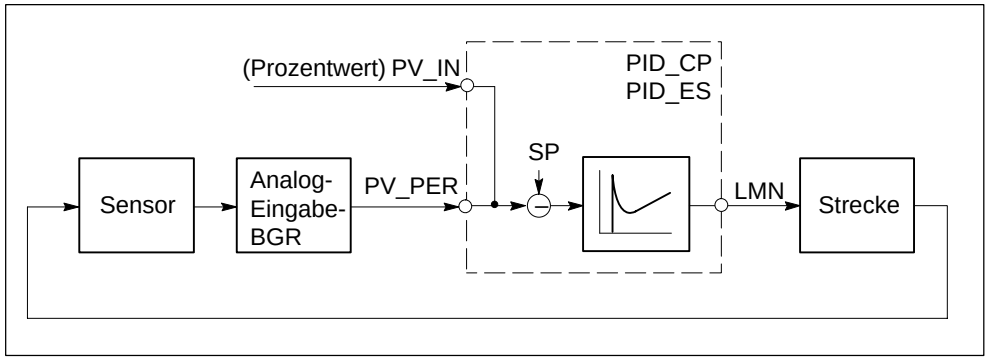


Bild 3-2 Verschaltung der Prozesssignale mit Standard PID Control

Art des Stellgliedes

Um eine geeignete Konfiguration von Standard PID Control festzulegen, ist die Art des Stellgliedes wichtig, das zur Beeinflussung der betreffenden Prozessgröße verwendet wird. Die vom Stellglied geforderte Signalform bestimmt die Art der Signalbildung im Stellgrößenzweig (stetig oder unstetig) und damit die Art des einzusetzenden Reglers (kontinuierlicher Regler oder Schrittregler).

In den weitaus meisten Fällen werden Ventile oder Klappen zur Verstellung von Stoff- oder Energieströmen eingesetzt. Je nach Antrieb dieser Drosselorgane sind unterschiedliche Stellsignale erforderlich:

1. Proportionale Stellglieder mit stetigem Stellsignal

   Proportional zum Wert der Stellgröße werden Öffnungsgrade, Drehwinkel oder Positionen eingenommen, d. h. innerhalb des Stellbereiches wirkt die Stellgröße in analoger Weise auf den Prozess ein.

   Zu den Stellgliedern dieser Gruppe gehören federbelastete pneumatische Antriebe, aber auch motorische Antriebe mit Stellungsrückmeldung, bei denen ein Stellungsregelkreis gebildet wird.

2. Proportionale Stellglieder mit pulsbreitenmoduliertem Signal

   Bei diesen Stellgliedern wird im Takt der Abtastzeit ein zum Wert der Stellgröße proportionales Impulslängensignal ausgegeben. Das bedeutet, das betreffende Stellglied – z. B. ein Heizwiderstand oder ein Kühlaggregat – wird taktsynchron nach Maßgabe der Stellgröße unterschiedlich lange eingeschaltet.

   Das Stellsignal kann entweder unipolar die Zustände ”Ein” oder ”Aus” annehmen oder bipolar z. B. die Werte ”Auf/Zu”, ”Vorwärts/Rückwärts”, ”Beschleunigen/Bremsen” usw. repräsentieren.

3. Integral wirkende Stellglieder mit Dreipunktstellsignal

   Häufig werden Stellglieder durch Motoren betätigt, bei denen die Dauer der Einschaltung proportional zum Verstellweg des Drosselorgans ist. Trotz unterschiedlichster Bauformen ist diesen Stellgliedern gemeinsam, dass sie der Wirkung eines I-Gliedes am Streckeneingang entsprechen. Standard PID Control mit Schrittausgang bietet die wirtschaftlichste Lösung beim Aufbau von Regelkreisen mit integral wirkenden Stellgliedern.

Reglerwahl bezüglich der Art des Stellsignals

Standard PID Control bietet in Bezug auf die Art des erzeugten Stellsignals unterschiedliche Strukturen im Stellgrößenzweig.

- Stellglieder gemäß Punkt 1. und 2. der vorhergehenden Beschreibung werden mit dem Reglerbaustein PID_CP geregelt. Falls ein impulsdauermoduliertes Signal benötigt wird, muss der Regler-FB noch durch den FB PULSEGEN ergänzt werden.
- Stellglieder mit I-Wirkung (Punkt 3.) werden mit dem Reglerbaustein PID_ES geregelt. Wenn ein Rückmeldesignal der Stellgliedposition nicht verfügbar ist, wird die Reglerstruktur mit nachgebildetem Rückführsignal (LMNR_ON = FALSE) eingesetzt.

  Ist ein Signalgeber für die Postion des Stellgliedes vorhanden, dann kann die Struktur mit Stellungsregelkreis (Bild 3-3 unten) konfiguriert werden (LMNR_ON = TRUE).

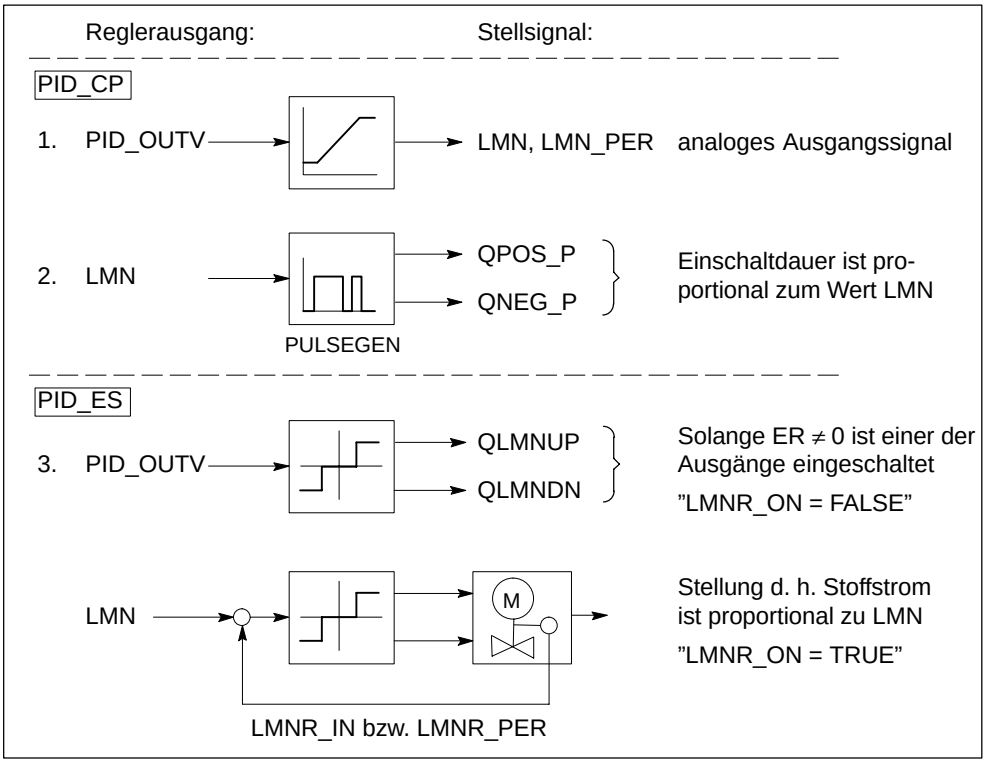


Bild 3-3 Stellausgänge von Standard PID Control

Hinweis

Die Stellgrößen sind als digitale Zahlenwerte im Gleitpunkt- bzw. Peripherieformat oder als binäre Signalzustände repräsentiert. Je nach verwendetem Stellglied sind ausgangsseitig immer nachgeschaltete Baugruppen entsprechenden Typs zur Signalumformung und Bereitstellung der benötigten Stellenergie erforderlich.

Stellsignal und Reglerbausteine

Der Zusammenhang zwischen Signalform der Stellgröße, Art der Regelung und zu deren Realisierung erforderlicher Konfiguration der Reglerbausteine ist in Tabelle 3-1 zusammengefasst.

Tabelle 3-1 Stellgröße, Art der Regelung und erforderliche Regler-Bausteine

Signalform der Stellgröße	Wertebereich	Art der Regelung	Reglerstruktur
proportional	Gleitpunkt 0.0 bis 100. 0 % bzw. Peripheriebereich	kontinuierlich	PID_CP
impulsdauermoduliert, bei 2-Pkt-Regelung Ausgänge alternierend	bipolar bzw. unipolar positiver Ausgang: TRUE negativer Ausgang: FALSE	Dreipunkt-/Zweipunkt-Regelung	PID_CP + PULSEGEN
dreipunkt-schaltend	Auf – 0 – Ab	Schrittregelung	PID_ES (LMNR_ON = FALSE)
dreipunkt-schaltend Stellungsrückmeldesignal	Auf – 0 – Ab 0 bis 100 % oder Peripheriebereich	Schrittregelung mit Stellungsrückmeldung	PID_ES (LMNR_ON = TRUE)

Mit den vorstehenden Erläuterungen besitzen Sie nunmehr alle Informationen, um für Ihren konkreten Fall eine geeignete Konfiguration von Standard PID Control auszuwählen. Auf welcher Basis Sie das am besten machen und wie Sie interne Funktionen aktivieren und dimensionieren, beschreibt der folgenden Abschnitt.

Ständig aktivierte nicht abschaltbare Funktionen

Die Funktionen zur Überwachung und Begrenzung der Signale in den Zweigen der Eingangs- und Ausgangssignalverarbeitung sind immer wirksam und können nicht abgeschaltet werden. Dazu gehören:

- die Sollwertbegrenzung SP_LIMIT,
- die Istwertüberwachung auf Absolutwerte PV_ALARM,
- die Istwertüberwachung auf Größe der Änderungsgeschwindigkeit ROC-ALARM,
- die Regeldifferenzüberwachung auf Absolutwerte ER_ALARM,
- die Begrenzung des Ausgangssignals LMNLIMIT.

Wenn Sie sich für die Wahl eines der Reglerbausteine entschieden und dessen Ein-/Ausgänge definiert haben, müssen Sie sich deshalb immer um die Parametrierung der oben aufgeführten Funktionen kümmern.

Hinweis

Die Vorbelegungswerte sind so gewählt (meist am Rande der zur Verfügung stehenden Arbeitsbereiche), dass der Betrieb auch ohne individuelle Parameterwahl aufgenommen werden kann. Die Parameter lassen sich dann anschließend an die Erfordernisse anpassen.

3.2 Projekt konfigurieren (Checkliste)

Generieren des Regelungsprojektes durch Konfigurieren

Wenn Sie sich die geforderten Regel- und Überwachungsfunktionen erarbeitet haben (Informationen dazu in *Kapitel 2.5* und *3.1*), zeigen wir Ihnen in diesem Abschnitt die Vorgehensweisen zu deren Realisierung. Wir empfehlen einen Konfigurierablauf in folgenden Schritten (Checkliste):

Schritt	Aktivität	Funktion in Standard PID Control	Erläuterungen und Bemerkungen
1.	Festlegen der Reglerbausteine bzw. der benötigten Bausteinkonfiguration für die gewünschte Regelungsstruktur. Auswählen und Kopieren einer Beispielkonfiguration, welche der zu realisierenden Konfiguration am nächsten kommt.	 FB ”PID_CP” oder ”PID_ES” bzw. ein Beispiel aus Example1 bis Example6 oder Getting Started	– Kap. 3.3
2.	Auf Basis des ausgewählten Beispiels den gewünschten Regler durch Weglassen oder Hinzunehmen vorkonfektionierter oder eigenprogrammierter Funktionen konfigurieren.	– Im Blockschaltbild des Konfigurationswerkzeugs die Strukturschalter setzen; – oder im Instanz-DB die Schaltbits der Strukturschalter setzen (→Blockschaltbilder in Anhang A).	Die Datenstruktur der zugehörigen Instanz-DBs wird vom betreffenden FB geliefert.
3.	Abtastzeit und Aufrufverhalten des Regelkreises festlegen:		
	– Anlaufverhalten über OB 100 festlegen	Parameter COM_RST	
	– Abtastzeit und Aufrufebene bestimmen, ggf. das Zeitraster des Weckalarm-OB ändern	Parameter: CYCLE, Organisationsbautein: z. B. OB 3	– Kap. 3.4 und Kap. 3.5
	– Abhängig von der Anzahl der Regelkreise in der CPU den Regleraufrufverteiler konfigurieren.	Aufrufverteiler: LP_SCHED, in den Beispielen Example3 bis Example5 enthalten	– Kap. 7.1
4.	Für die Messbereichs- und Nullpunkt-Anpassung der Ein-/Ausgangssignale durch entsprechende Parametrierung der Normierungs und/oder Denormierungsfunktionen sorgen	– Normierung des externen Sollwerts (SP_NORM)	(→Kap. 4)
		– Normierung des externen Istwerts (PV_NORM)	– Kap. 3.6
		– Stellwert-Denormierung (LMN_NORM	– Kap. 3.6
5.	Sollwertzweig konfigurieren	– Sollwertgenerator (SP_GEN)	(→Kap. 4)
		– Zeiplangeber (RMP_SOAK)	
		– Begrenzung der Sollwert-Änderungsgeschwindigkeit (SP_ROC)	
		– Begrenzung der Sollwert-Absolutwerte (SP_LIMIT)	– Die Funktion ist ständig aktiv!

Schritt	Aktivität	Funktion in Standard PID Control	Erläuterungen und Bemerkungen
6.	Istwertzweig konfigurieren	– Istwertverzögerung (LAG1ST) – Quadratwurzelbildung (SQRT) – Überwachung der Absolutwerte der Regelgröße (PV_ALARM) – Überwachung der Änderungsgeschw. der Regelgröße (ROC-ALARM)	(→Kap. 4) – Die Funktion ist ständig aktiv! – Die Funktion ist ständig aktiv!
7.	Bildung der Regeldifferenz konfigurieren	– Totzone bzw. Unempfindlichkeitsbereich der Regeldifferenz (DEADBAND) – Überwachung der Regeldifferenz auf Absolutwerte (ER_ALARM)	(→Kap. 4) – Die Funktion ist ständig aktiv!
8.	Stellwertzweig für kontinuierlichen Regler konfigurieren	– Handwertgenerator (MAN_GEN) – Begrenzung der Stellwertänderungsgeschwindigkeit (LMN_ROC) – Begrenzung der Stellwert-Absolutwerte (LMNLIMIT)	(→Kap. 5) – Die Funktion ist ständig aktiv!
	Stellwertzweig für Schrittregler konfigurieren	– Handwertgenerator (MAN_GEN) – Bei Stellungsrückmeldung: Begrenzung der Stellwert-Absolutwerte (LMNLIMIT) – Betriebs-Parameter für Dreipunktglied und Pulsformerstufe (THREE_ST und PULSEOUT)	(→Kap. 6) – Die Funktion ist ständig aktiv!
9.	Regler konfigurieren	– PID-Reglerstruktur und PID-Parameter – Arbeitspunkt bei P- und PD-Reglern – Störgößenaufschaltung (DISV)	(→Kap. 5)
10.	Im Bedarfsfall einfügen von Ergänzungsfunktionen – d. h. von anwendergeschriebenen FCs – in den Sollwert-, den Istwert- und/oder den Stellwertzweig.	– SPFC (SPFC_ON = TRUE) – PVFC (PVFC_ON = TRUE) – LMNFC (LMNFC_ON = TRUE)	
11.	Laden der konfigurierten Regelung in die CPU des AS	– Im SIMATIC Manager das Projekt laden	
12.	Falls gewünscht, Offlinetest der konfigurierten Regelung an der simulierten Verzögerungsstrecke 3. Ordnung durchführen.	– Modellregelstrecke in Example1 und Example2 enthalten	
13.	Verschalten der Bausteinein- und Bausteinausgänge der konfigurierten Regelung mit der Prozessperipherie.	– Verschaltung der Ein-/Ausgänge mit den absoluten oder symbolischen Peripherieadressen im Anwenderspeicher der CPU programmieren.	

Im Folgenden werden die Aktivitäten zur Konfiguration einzelner Funktionen bzw. Punkte der Checkliste, sofern sie der Erklärung bedürfen, näher erläutert.

In einem graphischen Parametrierplan finden Sie die Funktionalität von Standard PID Control mit allen Struktur- und Funktionsparametern zusammengefasst. Anhand dieses Plans können Sie für jede Funktion feststellen, welche Parameter es gibt und in welchen Bereichen sie eingestellt werden können.

3.3 Parametrieren von Standard PID Control

Parametrierplan für das Konfigurieren von Standard PID Control

Möchten Sie Ihre Konfiguration unmittelbar im Instanz-DB festlegen, dann liefern Ihnen die Parametrierpläne eine graphische Gesamtübersicht über die im Einzelfall auszuwählenden Funktionen und deren Parametrierung.

Zur Realisierung einer konkreten Regelung verweisen wir jedoch auf das Konfigurationswerkzeug, das Ihnen die Kontrolle über Ihre Eingaben und deren Vollständigkeit weitgehend abnimmt.

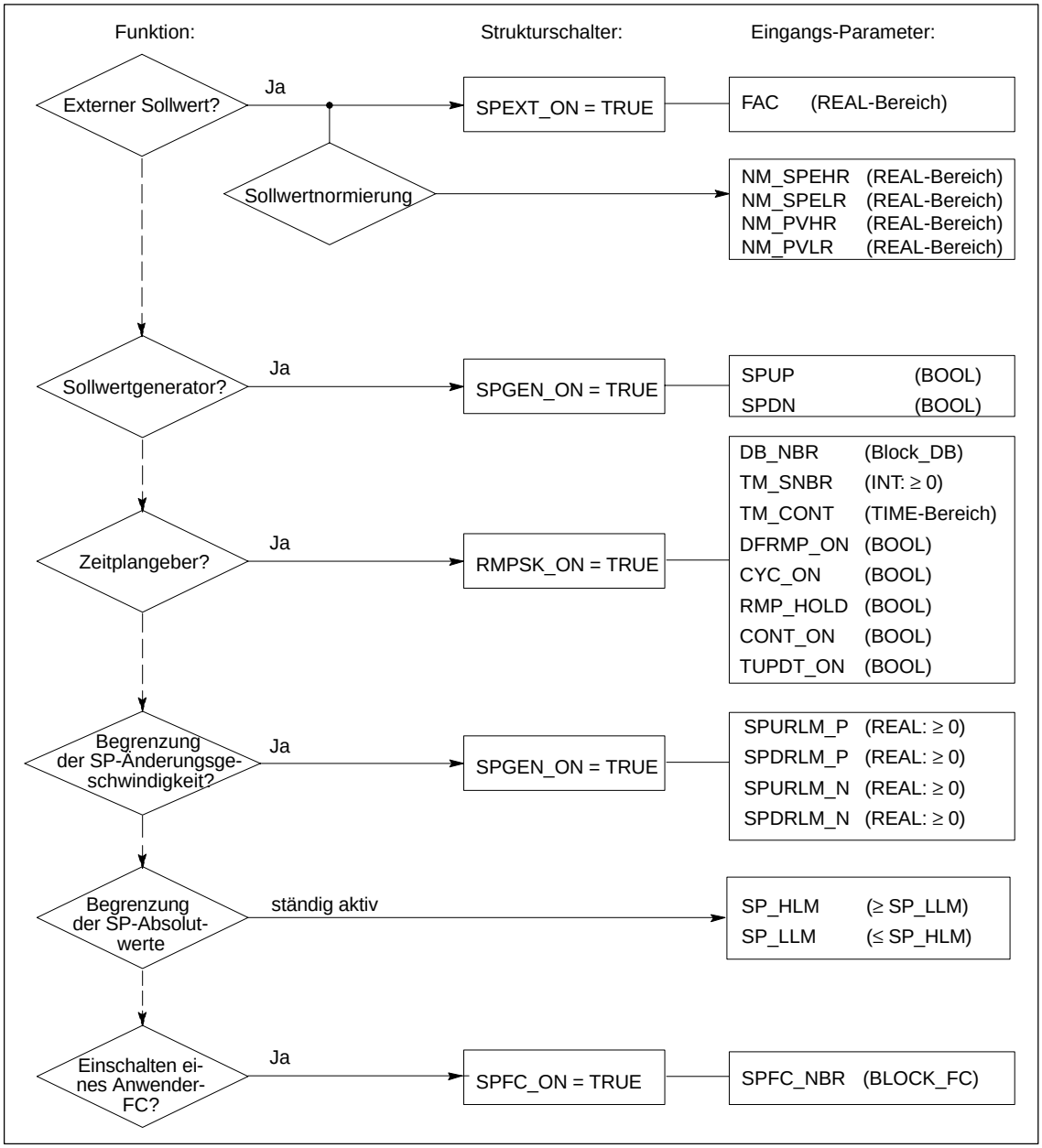


Bild 3-4 Konfiguration des Sollwertzweigs von Standard PID Control (Checkliste-P. 4. und 5.)

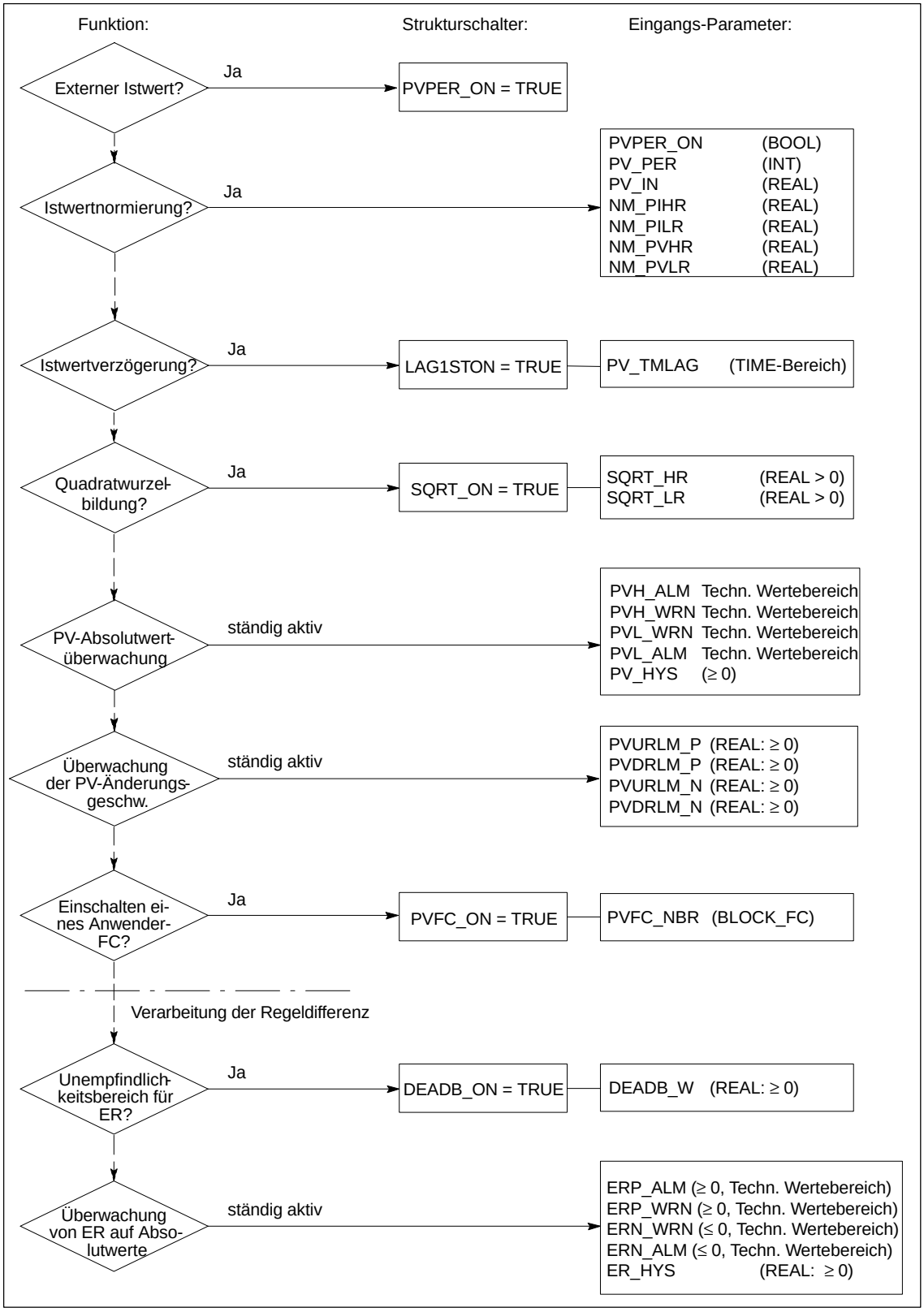


Bild 3-5 Konfiguration des Istwert- und Regeldifferenzzweigs von Standard PID Control (Checkl.-P. 6., 7. und 8.)

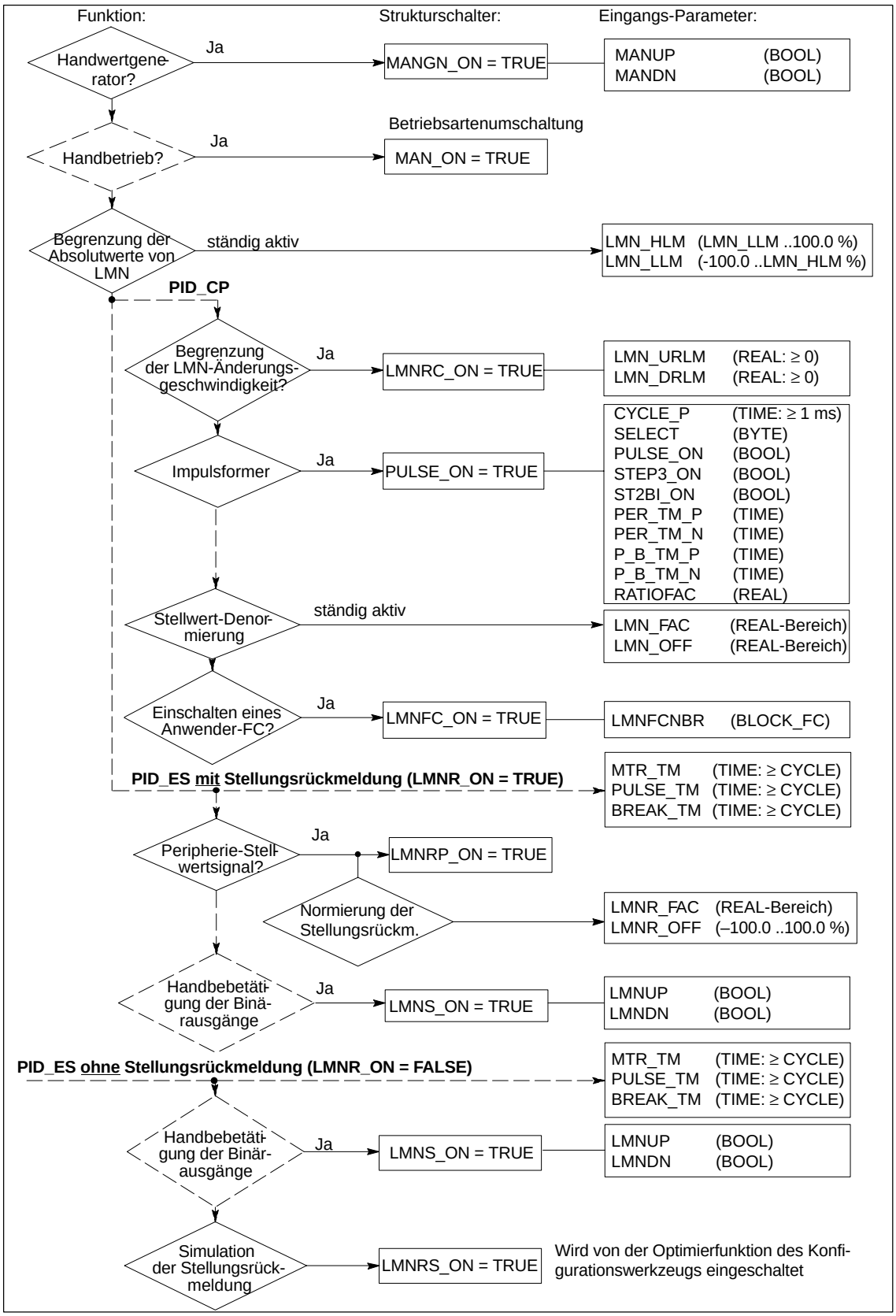


Bild 3-6 Konfiguration des Stellwertzweigs (Checklisten-P. 8.)

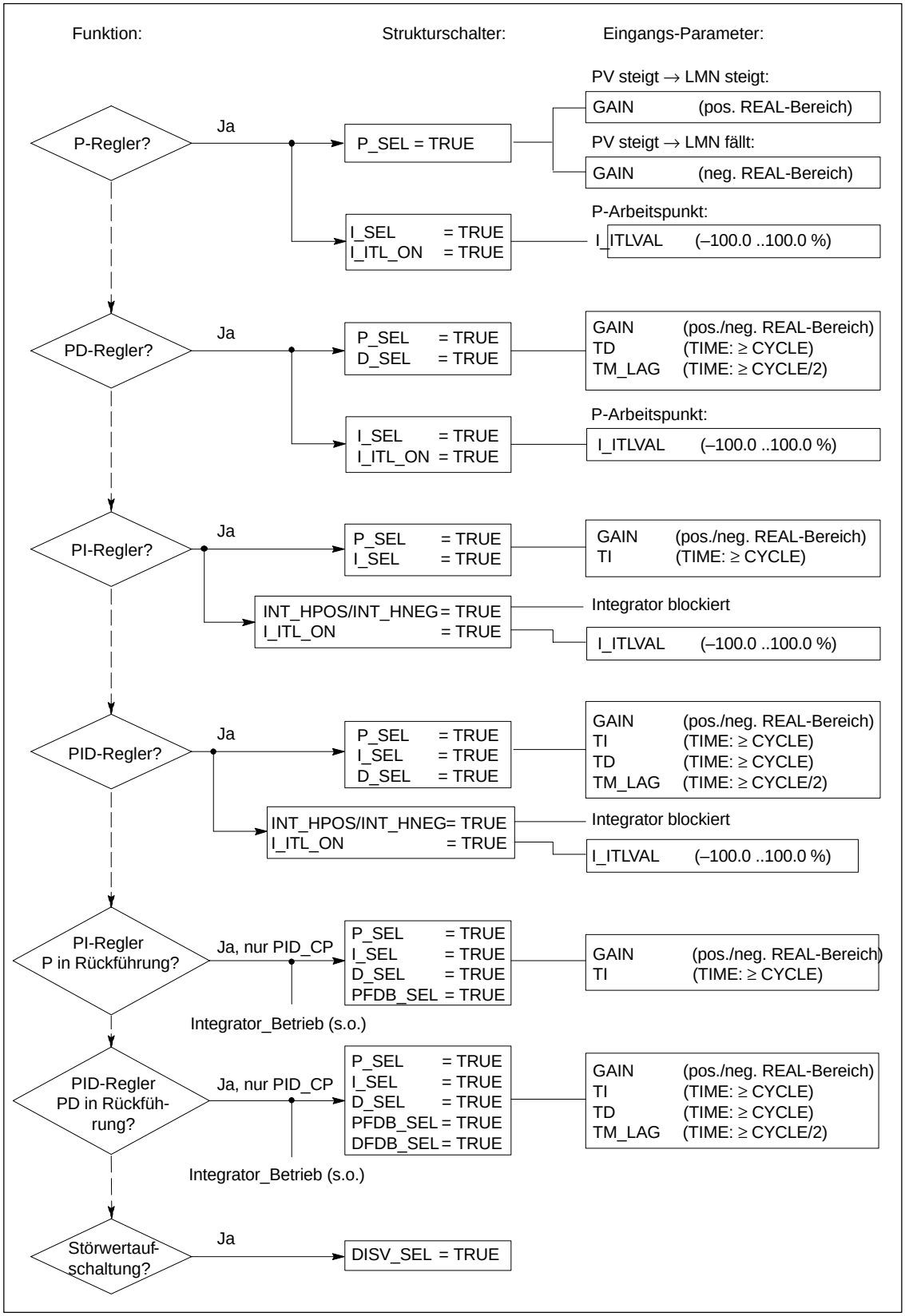


Bild 3-7 Konfiguration der Reglerfunktionen PID_CP und PID_ES (Checklisten-P. 9.)

Das Konfigurationswerkzeug

Ist Ihnen der Aufwand für einen Konfigurierablauf gemäß Checkliste (*Kapitel 3.2*) oder nach den Angaben in vorstehenden Parametrierplänen zu unübersichtlich oder zu zeitaufwändig, dann empfehlen wir Ihnen, das ”Konfigurationswerkzeug für Standard PID Control” zu Hilfe zu nehmen.

Das Konfigurationswerkzeug enthält folgende Tools, die für eine schnelle und dabei fehlerfreie Konfigurierung von Standard PID Control von großem Nutzen sind:

Regelkreis-Editor

Im Blockschaltbild des Regelkreis-Editors sind die wichtigsten Funktionen von Standard PID Control als Blocksymbole dargestellt. Durch Anklicken der Schaltsymbole (dunkler Punkt) legen Sie darin auf einfachste Weise den gewünschten Signalfluss fest.

Nach Anklicken eines Funktionsblocks öffnet das System jeweils ein Dialogfeld, in dem Sie durch Eingaben in die Parameterfelder die betreffende Funktion dimensionieren. Wenn die betreffende Funktion im Blockschaltbild nicht explizit als Schaltfunktion dargestellt ist, aktivieren bzw. deaktivieren Sie sie über Schaltsymbole (Kreissymbol anklicken) bzw. Optionskästchen (ankreuzen).

3.4 Die Abtastzeit CYCLE

Die Abtastzeit: CYCLE

Die Abtastzeit ist die Basis-Kenngröße für das dynamische Verhalten von Standard PID Control. Sie bestimmt, ob der betreffende Regler schnell genug auf Prozessänderungen reagiert und den Regler in allen Betriebszuständen beherrschen kann. Die zeitgebundenen Parameter von Standard PID Control werden jeweils durch den Wert der Abtastzeit nach unten begrenzt.

Die Wahl der Abtastzeit erfordert immer einen Kompromiss zwischen mehreren teils gegenläufigen Forderungen. Deshalb können hier dafür nur Richtwerte angegeben werden.

- Die CPU-abhängige Laufzeit für die Bearbeitung des Regelprogramms, d. h. für die Abarbeitung des Funktionsbausteins, stellt die unterste Grenze für die Abtastzeit $CYCLE_{min}$ dar.
- Die tolerierbare Obergrenze für die Abtastzeit wird im Allgemeinen durch die Prozessdynamik festgelegt. Dabei ist die Prozessdynamik durch den Typ und die Kennwerte der Regelstrecke charakterisiert.

Ersatz-Streckenzeitkonstante

Von wesentlichem Einfluss auf die Dynamik des Regelkreises ist die sogenannte Ersatzzeitkonstante der Regelstrecke (T_E), die sich, nach Eingabe eines Sprungs DLMN, messtechnisch durch Aufnahme der Übergangsfunktion auf den Streckeneingang ermitteln lässt (Bild 3-8).

Der Streckenkennwert T_E ist eine brauchbare Annäherung für die effektive Verzögerung durch mehrere in Kette geschaltete P-T_1-, P-T_S- und T_t-Glieder. Bei Reihenschaltungen von gleichen PT_1-Gliedern bildet er z. B. die Summe der Einzelzeitkonstanten.

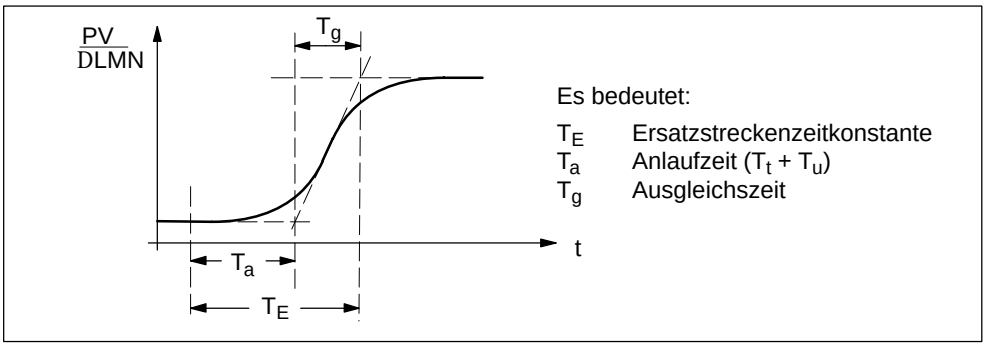


Bild 3-8 Ermittlung der Ersatz-Streckenzeitkonstante T_E

Abtastzeit-Abschätzung

Wird eine Mindestschnelligkeit der Regelung verlangt, kann man angeben, welchen Wert die Abtastzeit $CYCLE_{max}$ nicht überschreiten darf.

Bei P-T_E-Strecken mit überwiegend großer Zeitkonstante des ersten Verzögerungsgliedes $T_1 \geq 0.5\ T_E$ muss eingehalten werden:

$$CYCLE_{max} \leq 0.1 * T_E$$

Bei allen übrigen P-T_E-Strecken genügt:

$$CYCLE_{max} \leq 0.2 * T_E$$

Für eine genaue Abschätzung der Abtastzeit siehe **/352/**.

Faustformel für Wahl der Abtastzeit

Die Erfahrung hat gezeigt, dass eine Abtastzeit von ca. $^1/_{10}$ der die Sprungantwort des geschlossenen Regelkreises bestimmenden Zeitkonstante T_{EG} zu einem mit dem konventionellen Analogregler vergleichbaren Ergebnis führt.

Die Gesamtzeitkonstante des geschlossenen Kreises wird, ähnlich wie in Bild 3-8 für die Strecke gezeigt, durch Sollwertsprung-Eingabe und Auswerten des Einschwingvorgangs von PV ermittelt.

$$CYCLE = \frac{1}{10}\ T_{EG}$$

3.5 Das Aufrufverhalten von Standard PID Control

Bearbeitungsaufruf von Standard PID Control

Der Regler-Baustein muss, abhängig von der Abtastzeit des jeweiligen Reglers, unterschiedlich häufig, aber in gleichen zeitlichen Abständen aufgerufen werden. Das Betriebssystem der S7 ruft die Weckalarm-OBs zyklisch auf. Der Weckalarmzeittakt ist von 1 ms bis 1 Minute konfigurierbar. Die Standardeinstellung des OB 35 liegt bei 100 ms.

Sind mehrere Regler oder Regler mit größeren Abtastzeiten zu installieren, dann wird der Einsatz des Regleraufrufverteilers (LP_SCHED) erforderlich.

Neustart:

Beim Aufruf des Regler-FB im Neustart (OB 100) wird das Neustartbit COM_RST gesetzt und die Abtastzeit CYCLE übergeben. Das Bearbeiten der Initialisierungsroutine im FB stellt dann einen definierten Ausgangszustand von Standard PID Control sicher.

Wiederanlauf:

Bei Wiederanlauf wird von dem Betriebszustand ausgegegangen, der zum Zeitpunkt der Unterbrechung geherrscht hat. Die Regelung arbeitet mit den Werten weiter, die im Augenblick der Unterbrechung berechnet waren.

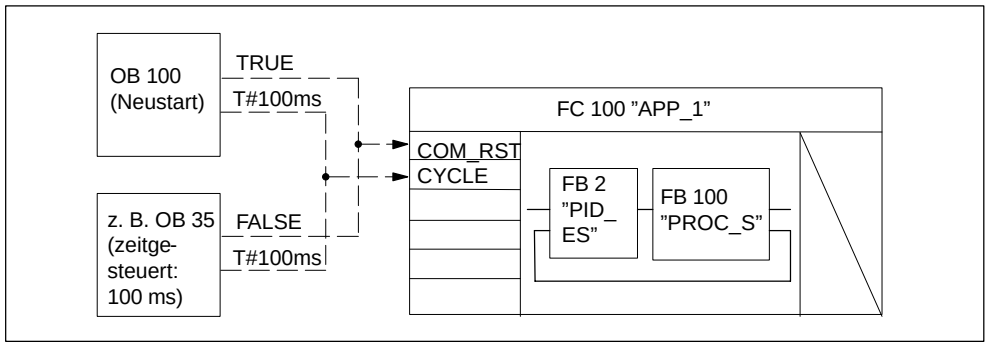


Bild 3-9 Verschaltung der Anlaufbausteine mit dem Beispiel APP_1

Hinweis

Beim kontinuierlichen Regler PID_CP ohne Impulsausgang wird die Abtastzeit über den Aufrufparameter CYCLE parametriert.

Beim kontinuierlichen Regler PID_CP mit Impulsausgang wird am Aufrufparameter CYCLE_P der Weckalarmzeittakt bzw. die über den Regleraufrufverteiler vorgegebene Abtastzeit parametriert (siehe Abschnitt 5.4.).

Aufruf mit Regleraufrufverteiler

Wenn die Weckalarme des Prioritätsklassenmodells nicht ausreichen, um die gewünschte Anzahl von Reglern unterzubringen, oder wenn es Regler mit größeren Abtastzeiten als der längste Zeittakt der vorhandenen Weckalarme gibt, dann wird es erforderlich, einen Regleraufrufverteiler in den Weckalarm-OB einzufügen.

Der Aufrufverteiler LP_SCHED macht es möglich, mehrere Regler in einer Weckalarmebene unterzubringen. Diese lassen sich unterschiedlich häufig, aber jeweils in gleichen Zeitabständen aufrufen (*siehe Kapitel 7.1*). Es wird eine gleichmäßigere Auslastung des Prozessors erreicht.

Die Eintragungen der Regleraufrufe in den globalen Datenbaustein mit der Nummer ”DB_NBR” legen fest, in welcher Reihenfolge und wie oft die einzelnen Regler bearbeitet werden (Bild 3-10). Einzelheiten zur Parametrierung des LP_SCHED lesen Sie bitte im *Kapitel 7.1* dieses Handbuches nach.

Die Parametrierung erfolgt mit STEP 7. Sie kann nicht mit dem Konfigurationswerkzeug vorgenommen werden.

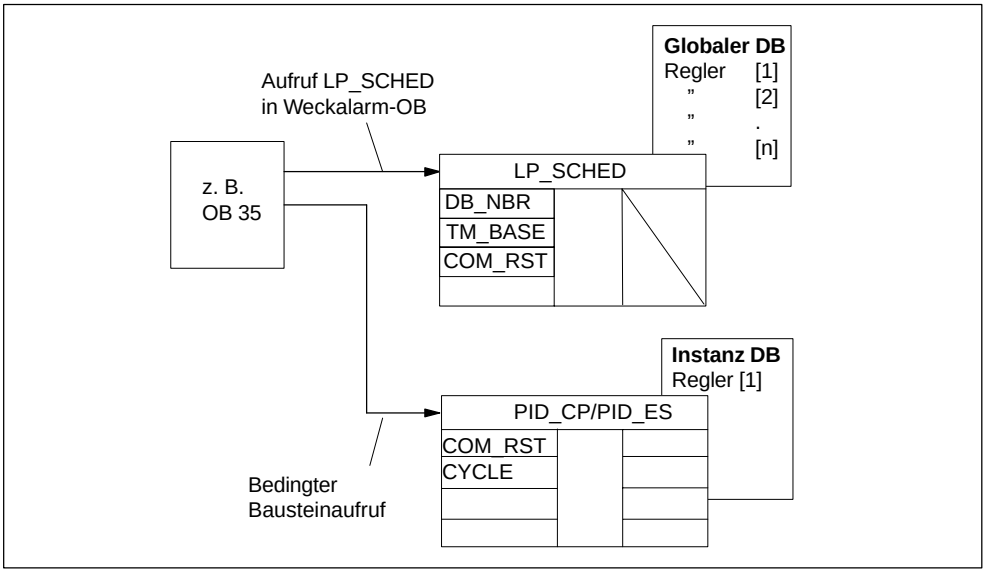


Bild 3-10 Regleraufruf über den Aufrufverteiler LP_SCHED

3.6 Wertebereiche und Signalanpassung (Normierung)

Interne Zahlendarstellung

Wenn die Algorithmen in den Funktionsbausteinen von Standard PID Control abgearbeitet werden, arbeitet der Prozessor mit Zahlen im Gleitpunktformat (REAL). Die Gleitpunktzahlen haben das Single Format nach ANSI/IEEE Std 754-1985:

Format:	DD (32 Bit)		
Wertebereich:	$-3.37 * 10^{38}$	bis	$-8.43 * 10^{-37}$ und
	$8.43 * 10^{-37}$	bis	$3.37 * 10^{38}$

Dieser Zahlenbereich wird bei Parametern im Format REAL mit ”gesamter Wertebereich” bezeichnet. Zur Vermeidung von Bereichsüberschreitungen bei der Verarbeitung wird das als analoge physikalische Größe anliegende Eingangssignal SP_EXT in einem eingeschränkten Bereich als ”Technischer Wertebereich” definiert:

Techn. Wertebereich:	-10^5	bis	$+10^5$

Zeitbehaftete Größen werden im Format TIME realisiert und verarbeitet. Ein Zeitwert stellt eine 32 Bit breite BCD-Zahl dar, bei der die vier höchstwertigen Bits für die Angabe des Zeitrasters reserviert sind.

Format:	DD (32 Bit)
Wertebereich:	0 bis +9 999 999 sec
Zeitraster:	10 ms, 100 ms, 1 sec, 10 sec

Signalanpassung

Die Normierungsfunktion am Eingang für den externen Sollwert ermöglicht es, beliebige Kennlinien von Gebern oder Sensoren an den physikalischen Wertebereich von Standard PID Control anzupassen.

Signalverarbeitung im Soll-/Istwertkanal und die PID-Reglerfunktionen

4

4.1 Signalverarbeitung im Sollwertzweig

4.1.1 Sollwert-Generator (SP_GEN)

Anwendung

Mit Hilfe eines Mehr-/Weniger-Schalters können Sie den internen Sollwert verstellen. Der eingestellte Wert wird ist an MP1 zu beobachten.

Die Funktion SP_GEN

Die Funktion SP_GEN erzeugt einen Sollwert, der per Schalterbetrieb eingestellt und verändert werden kann. Über die Binäreingänge SPUP und SPDN lässt sich die Ausgangsgröße outv schrittweise vergrößern oder verkleinern.

Der Verstellbereich des Sollwertes wird durch die obere/untere Begrenzung SP_HLM/SP_LLM im Sollwertzweig eingeschränkt. Die Zahlenwerte der Grenzen (in Prozent) werden an den betreffenden Eingangsparametern eingestellt. Die Meldeausgänge QSP_HLM und QSP_LLM zeigen Überschreitungen dieser Grenzen an.

Für eine feinstufige Änderung sollte der Regler eine Abtastzeit von maximal 100 ms haben.

Die Änderungsgeschwindigkeit der Ausgangsgröße hängt von der Betätigungsdauer der Schalter SPUP bzw. SPDN und von den eingestellten Begrenzungen nach folgender Beziehung ab:

Während der ersten 3 s nach Setzen von SPUP bzw. SPDN ist:

$$\frac{\text{doutv}}{\text{dt}} = \frac{\text{SP\_HLM} - \text{SP\_LLM}}{100\ \text{s}}$$

danach:

$$\frac{\text{doutv}}{\text{dt}} = \frac{\text{SP\_HLM} - \text{SP\_LLM}}{10\ \text{s}}$$

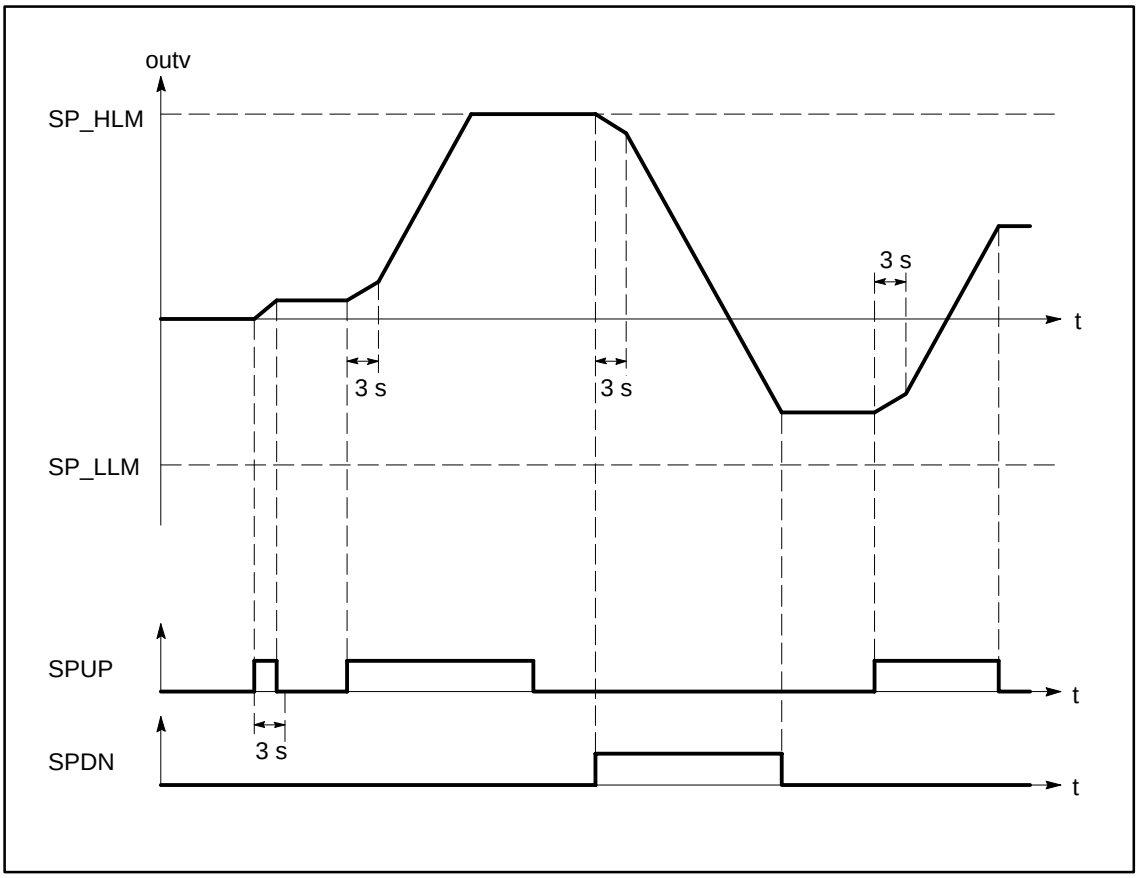


Bild 4-1 Änderung von OUTV in Abhängigkeit von den Schaltern SPUP und SPDN

Bei einer Abtastzeit von 100 ms und einem Sollwertbereich von –100,0 bis 100,0 ändert sich z. B. der Sollwert in den ersten drei Sekunden um 0,2 pro Durchlauf. Bei längerer Tastung von SPUP geht die Änderungsgeschwindigkeit dann auf den zehnfachen Wert, hier also auf 2 pro Durchlauf (Bild 4-1).

Anlauf- und Betriebsweise des Sollwertgenerators

- Bei Neustart wird der Ausgang outv auf 0.0 zurückgesetzt.
- Schalten Sie den Sollwertgenerator ein (SPGEN_ON = TRUE), dann wird am Ausgang outv zunächst der Signalwert SPFC_IN ausgegeben. Das Umschalten zum Sollwertgenerator aus einer anderen Betriebsart ist deshalb immer stoßfrei. Solange die Schalter SPUP und SPDN (Auf-/Ab-Tasten) nicht aktiviert werden, bleibt SPFC_IN am Ausgang stehen.

Parameter der Funktion SP_GEN

Der Ausgangsparameter outv ist ein impliziter Parameter. Er ist am Konfigurationswerkzeug über den Messpunkt MP1 zu beobachten.

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
SPFC_IN	Sollwert FC Eingang	technischer Wertebereich
SP_INT	interner Sollwert	technischer Wertebereich

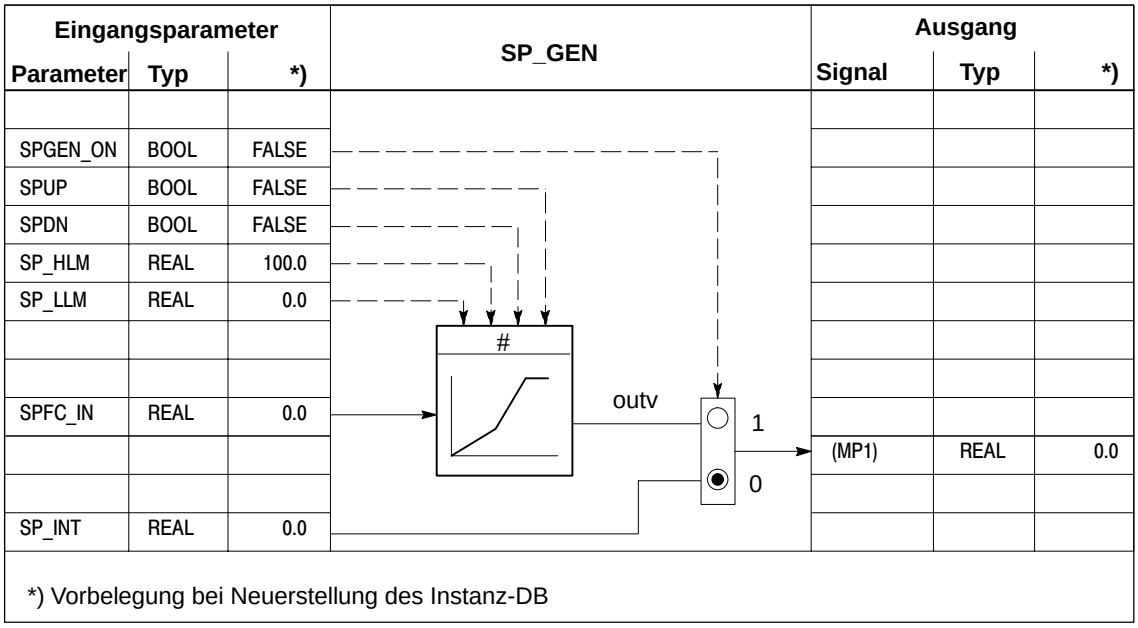


Bild 4-2 Funktionsschema und Parameter des Sollwert-Generators

4.1.2 Zeitplangeber (RMP_SOAK)

Anwendung

Falls die Führungsgröße SP_INT selbsttätig zeitabhängig geändert werden soll, z. B. bei der Regelung von Prozessen nach einem zeitgesteuerten Temperaturprogramm, so ist dies durch Projektieren einer entsprechenden Fahrkurve und Aktivieren des Zeitplangebers RMP_SOAK möglich. Die Fahrkurve wird aus Geradenabschnitten mit max. 256 Stützpunkten gebildet.

Die Funktion RMP_SOAK

Der Zeitplangeber RMP_SOAK im Sollwertzweig liefert eine nach einem definierten Zeitplan ablaufende Funktion der Ausgangsgröße outv (Bild 4-3). Gestartet wird diese Funktion durch Setzen des Eingangsbits RMPSK_ON. Ist das Bit für die zyklische Wiederholung CYC_ON gesetzt, dann wird die Funktion nach Ausgabe des letzten Stützpunktes outv[NBR_PTS] wieder mit dem ersten Stützpunkt outv[1] angefangen. Zwischen dem letzten und dem ersten Stützpunkt wird bei zyklischer Wiederholung nicht interpoliert.

Der Ablauf des Zeitplans (der Fahrkurve) wird durch Festlegen einer Reihe von Stützpunkten in einem globalen Datenbaustein mit den Zeitwerten PI[i].TMV und den zugehörigen Ausgangswerten PI[i].OUTV definiert (Bild 4-3).

PI[i].TMV gibt die Zeitabstände von Stützpunkt zu Stützpunkt an. Zwischen den Stützpunkten wird linear interpoliert.

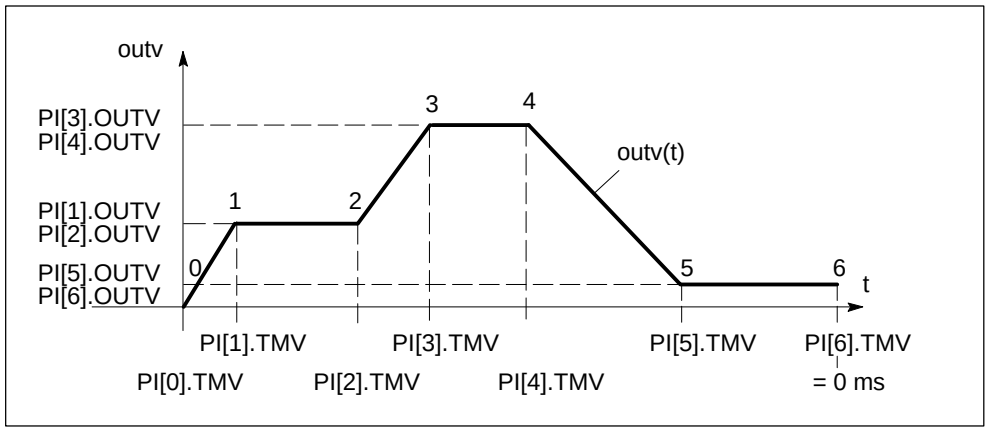


Bild 4-3 Fahrkurve mit Startpunkt und sechs Stützpunkten

Hinweis

Bei n Stützpunkten ist der Zeitwert PI[n].TMV für den letzten Stützpunkt n = 0 ms (Bearbeitungsende). Die Bearbeitungszeit einer Fahrkurve wird ausgehend vom Startwert bis auf Null heruntergerechnet.

Hinweis

Beim Interpolieren der Fahrkurve zwischen den Stützpunkten kann es zum zeitweisen Verharren des Ausgangswerts kommen, wenn die Abtastzeit CYCLE sehr klein gegenüber der Zeit zwischen den Stützpunkten PI[n].TMV ist. Der Zeitplangeber kann aufgrund der CPU-Rechengenauigkeit nicht beliebig flache Fahrkurven linearisieren. Ist die Fahrkurve zu flach, verharrt der Ausgangswert eine Zeit lang am jeweiligen Stützpunkt, um nach einer gewissen Zeit mit der minimalen Steilheit zum nächsten Stützpunkt zu integrieren.

Abhilfe: Verkürzen Sie die Zeit zwischen den Stützpunkten, indem Sie weitere Stützpunkte einfügen. Sie nähern damit die ausgegebene Fahrkurve der gewünschten flachen Fahrkurve trapezförmig an.

Zeitplanerstellung

- Die Stützpunktparameter NBR_PTS, PI[i].TMV und PI[i].OUTV werden in einem globalen Datenbaustein hinterlegt.
- Der Parameter PI[i].TMV ist im Format der IEC-Zeit (TIME) anzugeben.
- Die Zählweise der maximal bis zu 256 Stützpunkt-Werte und -Zeiten wird in folgendem Bild deutlicher zu erkennen:

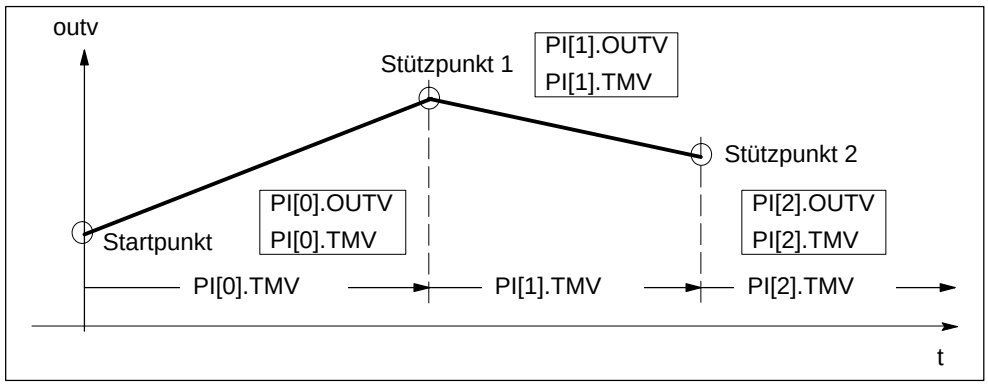


Bild 4-4 Zählweise der Stützpunkte und Zeiten

Der Zeitplangeber interpoliert im Normalbetrieb nach folgender Funktion mit $0 \leq n \leq (NBR\_PTS - 1)$:

$$outv(t) = PI[n+1].OUTV - \frac{RS\_TM}{PI[n].TMV}\,(PI[n+1].OUTV - PI[n].OUTV)$$

Projektierung der Fahrkurve

Die Anzahl der projektierten Stützpunkte (NBR_PTS) und die den einzelnen Stützpunkten zugeordneten Werte für die Führungsgröße SP – zu beobachten an MP1 – werden in einem globalen Datenbaustein mit der Nummer DB_NBR abgelegt (Tabelle 4-2). Die Ausgabe der Fahrkurve beginnt mit dem Startpunkt [0] und endet mit dem Stützpunkt [NBR_PTS].

Betriebsarten des Zeitplangebers

Über entsprechende Beeinflussung der Steuereingänge können folgende Betriebszustände und Betriebsarten des Zeitplangebers realisiert werden:

1. Zeitplangeber einschalten für einmaligen Durchlauf
2. Ausgang des Zeitplangebers mit festem Wert (z. B. SP_INT) vorbelegen
3. Zyklischen Betrieb des Zeitplangebers einschalten
4. Bearbeitung des Zeitplangebers anhalten
5. Bearbeitungsschritt und -zeit vorgeben (die Restzeit RS_TM und die Stützpunktnummer TM_SNBR werden neu definiert)
6. Gesamtbearbeitungszeit und Gesamtrestzeit aktualisieren

Betriebsarten

Zur Einstellung einer gewünschten Betriebsart gilt für die Wertigkeit der Steuereingänge folgende Wahrheitstabelle (Tabelle 4-1):

Tabelle 4-1 Betriebsarten des Zeitplangebers (RMP_SOAK)

Betriebsart	RMPSK_ON	DFRMP_ON	RMP_HOLD	CONT_ON	CYC_ON	TUPDT_ON	Ausgangssignal OUTV
1. Zeitplangeber einschalten	TRUE	FALSE	FALSE		FALSE		outv(t) Endwert wird nach Bearbeitungsende gehalten.
2. Ausgang vorbelegen	TRUE	TRUE					SP_INT oder Ausgang von SP_GEN
3. Zyklischen Betrieb einschalten	TRUE	FALSE	FALSE		TRUE		outv(t) nach Ende: automatischer Start
4. Zeitplangeber anhalten	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE			Aktueller Wert von outv(t) wird gehalten *)
5. Bearbeitungsschritt vorgeben	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE			outv (alt) *)
Bearbeitungszeit vorgeben			FALSE				Mit neu vorgegebenen Werten weiterfahren
6. Gesamtzeit aktualisieren						FALSE	beeinflusst outv nicht
						TRUE	beeinflusst outv nicht

*) Bis zum nächsten Stützpunkt hat die Fahrkurve nicht die vom Anwender parametrierte Form!

Die jeweils eingestellte Betriebsart wird unabhängig von der Wertigkeit der Steuersignale in den schraffierten Feldern ausgeführt.

Einschalten des Zeitplangebers

Mit dem Wechsel RMPSK_ON von FALSE nach TRUE wird die Zeitplangeberfunktion eingeschaltet (Softwareschalter im Blockschaltbild des Konfigurationswerkszeugs). Nach Erreichen des letzten Stützpunktes ist die Fahrkurve beendet. Bei erneutem Start der Funktion durch den Bediener muss RMPSK_ON zunächst auf 'FALSE' und dann wieder auf 'TRUE' gesetzt werden.

Bei **Neustar**t wird der Ausgang outv auf 0.0 zurückgesetzt und die Gesamtzeit bzw. Gesamtrestzeit ermittelt. Beim Übergang in den Normalbetrieb wird sofort die Fahrkurve vom Startpunkt aus nach eingestellter Betriebsart bearbeitet. Wird dies nicht gewünscht, muss der Parameter RMPSK_ON im Neustart-OB auf FALSE gesetzt werden.

Gefahr

Die Bausteinfunktion überprüft nicht, ob ein globaler DB mit der Nummer 'DB_NBR' vorhanden ist und ob der Parameter 'Anzahl der Stützpunkte' NBR_PTS zur DB-Länge passt. Bei inkorrekter Parametrierung geht die CPU mit einem internen Systemfehler in **STOP**.

Ausgang vorbelegen, Fahrkurve starten

Falls DFRMP_ON = TRUE, dann wird der Ausgangswert des Zeitplangebers auf den Signalwert SP_INT bzw. den Ausgangswert von SP_GEN gesetzt. Mit DFRMP_ON = FALSE läuft die Kurve ab diesem Wert los.

Hinweis

Der Schalter DFRMP_ON wirkt sich nur dann aus, wenn der Zeitplangeber eingeschaltet ist (RMPSK_ON = TRUE).

Nach dem Umschalten DFRMP_ON = FALSE wird outv linear vom eingestellten Sollwert (z. B. SP_INT) zum Ausgangswert der aktuellen Stützpunktnummer PI[NBR_ATMS].OUTV gefahren.

Die interne Zeitbearbeitung läuft auch bei durchgeschaltetem festen Sollwert (RMPSK_ON = TRUE und DFRMP_ON = TRUE) weiter.

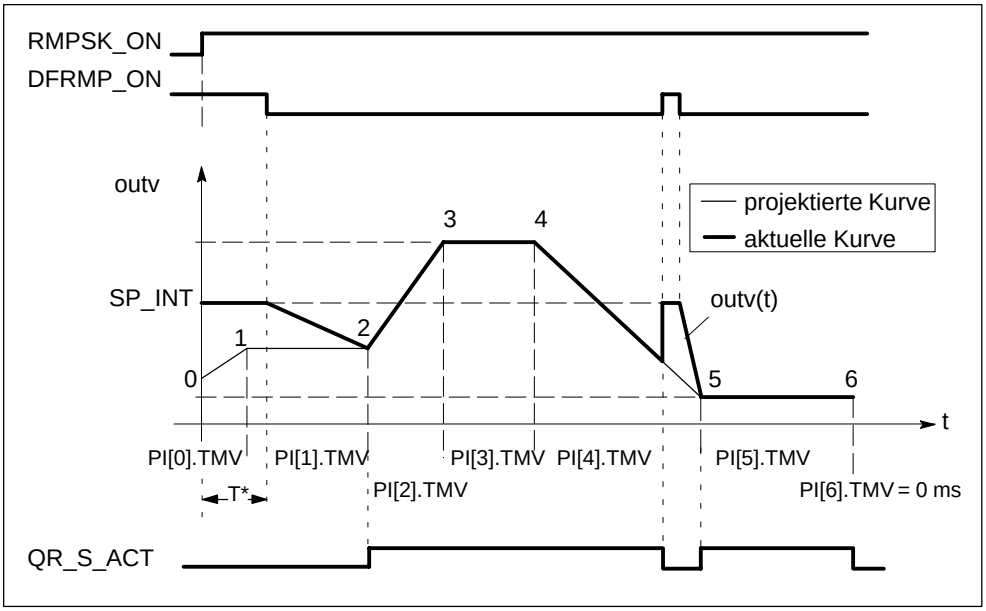


Bild 4-5 Beeinflussung der Fahrkurve durch das Vorbelegungssignal DFRMP_ON

Beim Start der Fahrkurve RMPSK_ON = TRUE wird so lange der feste Sollwert SP_INT ausgegeben, bis DFRMP_ON nach der Dauer von T* von TRUE nach FALSE wechselt (Bild 4-5). Zu diesem Zeitpunkt ist die Zeit PI[0].TMV und ein Teil der Zeit PI[1].TMV abgelaufen. outv wird von SP_INT nach PI[2].OUTV d. h. zum Stützpunkt 2 gefahren.

Erst ab dem Stützpunkt 2 wird die projektierte Fahrkurve ausgegeben, d. h. das Ausgangssignal QR_S_ACT erhält den Wert TRUE. Bei einem Wechsel des Vorbelegungssignals DFRMP_ON von FALSE nach TRUE während der Fahrkurvenbearbeitung springt der ausgegebene Wert outv ohne Verzögerung auf SP_INT bzw. den Ausgangswert von SP_GEN.

Zyklischer Betrieb eingeschaltet

Ist die Betriebsart 'Zyklische Wiederholung' (CYC_ON = TRUE) eingeschaltet, dann kehrt der Zeitplangeber nach Ausgabe des letzten Stützpunktwertes automatisch zum Startpunkt zurück und beginnt einen neuen Durchlauf.

Zwischen dem letzten Stützpunkt und dem Startpunkt wird nicht interpoliert. Für stoßfreien Übergang muss gelten: PI[NBR_PTS].OUTV = PI[0].OUTV.

Zeitplangeber anhalten

Mit RMP_HOLD = TRUE wird der Wert der Ausgangsgröße (einschließlich der Zeitbearbeitung) eingefroren. Bei Rücksetzen RMP_HOLD = FALSE wird an der Unterbrechungsstelle PI[x].TMV fortgefahren.

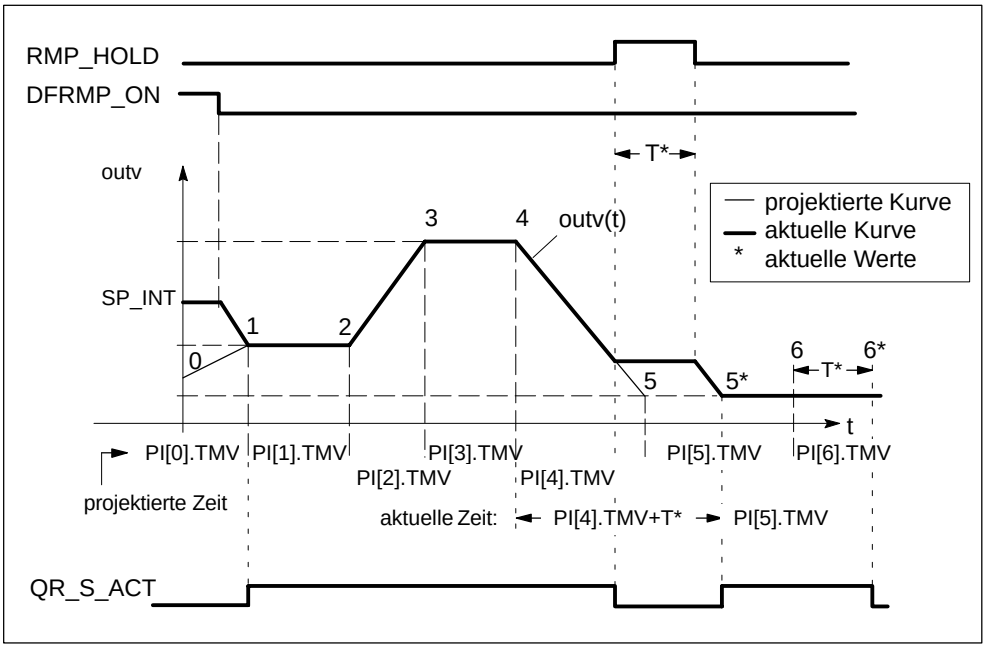


Bild 4-6 Beeinflussung der Fahrkurve durch das Haltesignal RMP_HOLD

Die Bearbeitungszeit der Fahrkurve verlängert sich um die Haltezeit T*. Die Fahrkurve hat vom Stützpunkt bis zum Signalwechsel von RMP_HOLD (FALSE → TRUE) und vom Stützpunkt 5* bis zum Stützpunkt 6* den projektierten Verlauf, d. h. das Ausgangssignal QR_S_ACT hat den Wert TRUE (Bild 4-6).

Ist das Bit CONT_ON gesetzt, fährt der angehaltene Zeitplangeber an der vorgegebenen Stelle TM_CONT mit der Fahrkurvenbearbeitung fort.

Bearbeitungsschritt und -zeit vorgeben

Ist der Steuereingang CONT_ON für das Fortsetzen = TRUE gesetzt, dann wird an der Stelle TM_CONT (Fortsetzzeitpunkt) mit dem Stützpunkt TM_SNBR (Zielstützpunkt) weitergemacht. Der Zeit-Parameter TM_CONT bestimmt die Restzeit, die der Zeitplangeber bis zum Zielstützpunkt TM_SNBR benötigt.

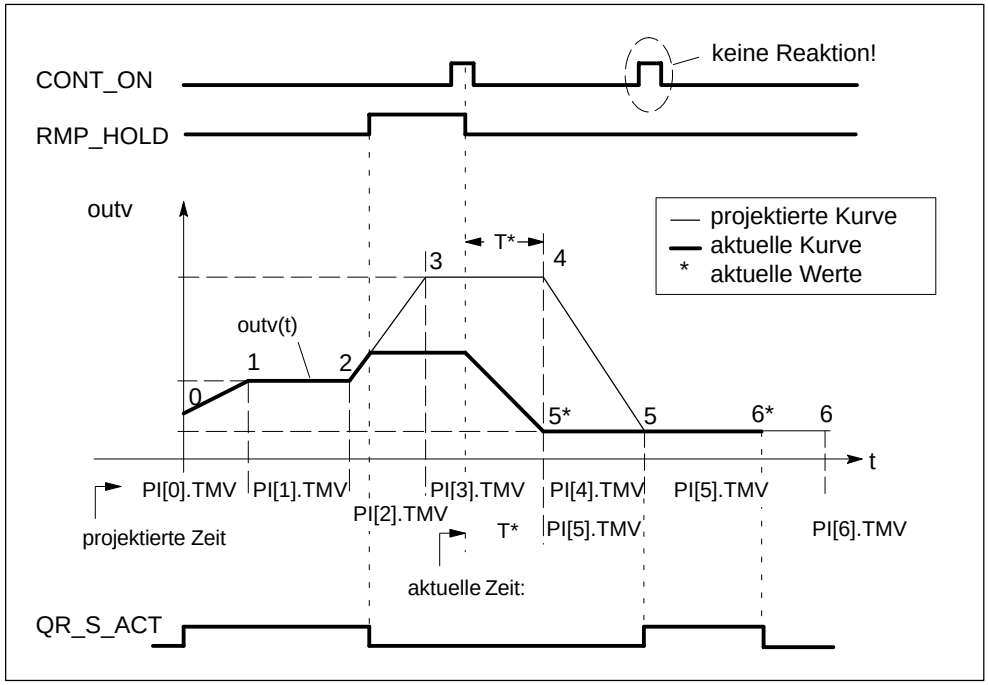


Bild 4-7 Beeinflussung der Fahrkurve durch das Haltesignal RMP_HOLD und das Fortsetzsignal CONT_ON

Im Beispiel (Bild 4-7) gilt, dass bei RMP_HOLD = TRUE sowie CONT_ON = TRUE und Vorgabe von

Stützpunktnummer zum Fortsetzen	TM_SNBR = 5
und Restzeit bis zum gewünschten Stützpunkt	TM_CONT = T*

für den Bearbeitungszyklus des Zeitplangebers die projektierten Stützpunkte 3 und 4 entfallen. Nach Signalwechsel RMP_HOLD von TRUE nach FALSE wird der projektierte Kurvenverlauf erst ab Stützpunkt 5 wieder erreicht.

Der Ausgang QR_S_ACT wird nur dann gesetzt, wenn der Zeitplangeber die vom Anwender parametrierte Fahrkurve abarbeitet.

Gesamtzeit und Gesamtrestzeit aktualisieren

In jedem Zyklus werden die aktuelle Stützpunktnummer NBR_ATMS, die aktuelle Restzeit bis zum Erreichen der Zeit RS_TM, die Gesamtzeit T_TM und die Gesamtrestzeit bis zum Erreichen des Fahrkurvenendes RT_TM aktualisiert.

Bei Online-Änderungen von PI[n].TMV ändert sich die Gesamtzeit und die Gesamtrestzeit der Fahrkurve. Da die Berechnung von T_TM und RT_TM bei vielen Stützpunkten die Bearbeitungszeit des Funktionsbausteins stark vergrößert, wird sie nur nach Neustart oder bei TUPDT_ON = TRUE durchgeführt. Die Zeitabschnitte PI[0 ... NBR_PTS].TMV zwischen den einzelnen Stützpunkten werden aufsummiert und am Ausgang Gesamtzeit T_TM und Gesamtrestzeit RT_TM angezeigt.

Bitte beachten Sie, dass die Ermittlung der Gesamtzeiten relativ viel CPU-Laufzeit erfordert!

Parameter der Funktion RMP_SOAK

Der Ausgangsparameter outv ist ein impliziter Parameter und am Konfigurationswerkzeug über den Messpunkt MP1 zugänglich (siehe Bild 2-12).

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
TM_SNBR	Nummer des nächsten Stützpunktes	> 0 (dimensionslos)
TM_CONT	Weitermachzeitpunkt	gesamter Wertebereich
SP_INT	interner Sollwert	technischer Wertebereich

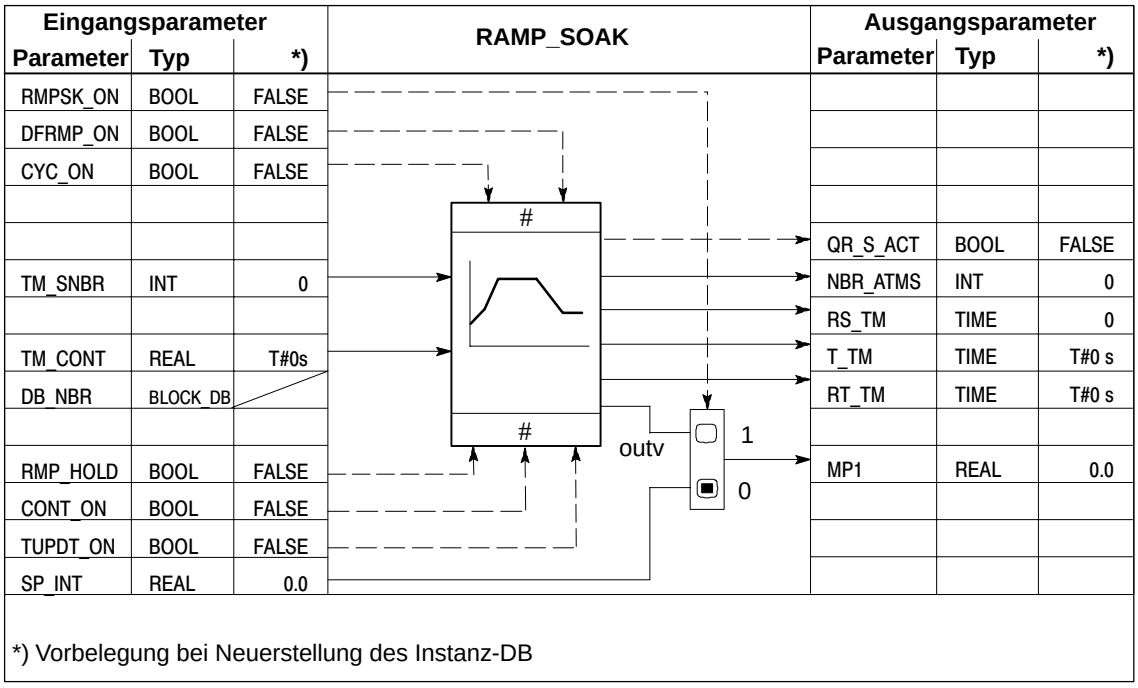


Bild 4-8 Funktionsschema und Parameter des Zeitplangebers

Die Stützpunkt-Koordinaten sowie die Anzahl der Stützpunkte NBR_PTS sind in einem globalen Datenbaustein abgelegt (Tabelle 4-2).

Tabelle 4-2 Globaler Datenbaustein (DB_NBR), vorbelegt mit Startpunkt und vier Stützpunkten

Parameter	Daten-typ	Kommentar	zul. Wertebereich	Vorbele-gung
NBR_PTS	INT	Anzahl der Stützpunkte	1 bis 256	4
PI[0].OUTV	REAL	Ausgangswert [0]: Startpunkt	gesamter Wertebereich	0.0
PI[0].TMV	TIME	Zeitwert [0]: Startpunkt	gesamter Wertebereich	T#1 s
PI[1].OUTV	REAL	Ausgangswert [1]: Stützpunkt 1	gesamter Wertebereich	0.0
PI[1].TMV	TIME	Zeitwert [1]: Stützpunkt 1	gesamter Wertebereich	T#1 s
PI[2].OUTV	REAL	Ausgangswert [2]: Stützpunkt 2	gesamter Wertebereich	0.0
PI[2].TMV	TIME	Zeitwert [2]: Stützpunkt 2	gesamter Wertebereich	T#1 s
PI[3].OUTV	REAL	Ausgangswert [3]: Stützpunkt 3	gesamter Wertebereich	0.0
PI[3].TMV	TIME	Zeitwert [3]: Stützpunkt 3	gesamter Wertebereich	T#1 s
PI[4].OUTV	REAL	Ausgangswert [4]: Stützpunkt 4	gesamter Wertebereich	0.0
PI[4].TMV	TIME	Zeitwert [4]: Stützpunkt 4	gesamter Wertebereich	T#0 s

4.1.3 Normierung des externen Sollwertes (SP_NORM)

Anwendung

Liegt der externe Sollwert nicht in der physikalischen Einheit des Istwerts vor (z. B. in % bei einer Reglerkaskade), dann müssen dieser Wert und sein Einstellbereich auf die physikalische Einheit des Istwertes normiert werden. Dies erfolgt über die Funktion “Normierung im Sollwertzweig”.

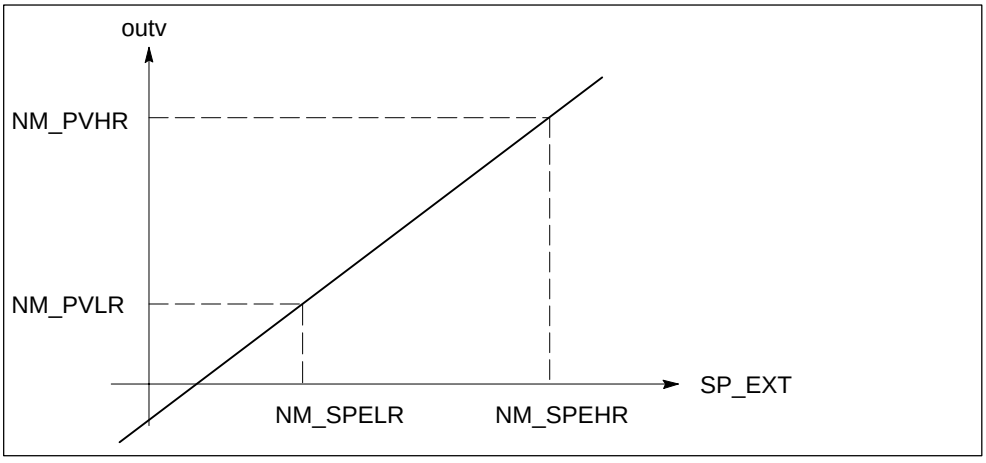
Die Funktion SP_NORM

Die Funktion SP_NORM normiert eine analoge Eingangsgröße. Der analoge externe Sollwert wird mit Hilfe der Normierungsgeraden in die Ausgangsgröße outv überführt. Der Ausgangswert OUTV ist am Konfigurationswerkzeug über den Messpunkt MP2 zugänglich (Bild 2-12).

Der Ausgangswert der Funktion ist wirksam, wenn der Steuereingang SPEXT_ON = TRUE ist.

Zur eindeutigen Festlegung der Normierungsgeraden definieren Sie die folgenden vier Parameter:

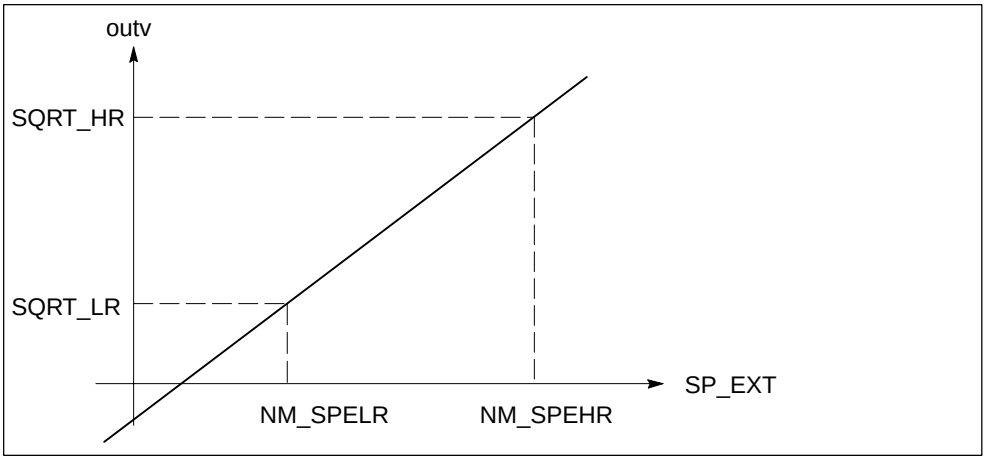
- die Obergrenze des Eingangswertes SP_EXT: NM_SPEHR
- die Untergrenze des Eingangswertes SP_EXT: NM_SPELR
- die Obergrenze des Ausgangswerts outv: NM_PVHR
  (Diesen Wert geben Sie in der Normierfunktion des Istwerts vor.)
- die Untergrenze des Ausgangswerts outv: NM_PVLR
  (Diesen Wert geben Sie in der Normierfunktion des Istwerts vor.)



Der Ausgangswert outv wird gemäß folgender Formel aus dem jeweiligen Eingangswert SP_EXT berechnet:

outv = (SP_EXT – NM_SPELR) x (NM_PVHR – NM_PVLR) / (NM_SPEHR – NM_SPELR) + NM_PVLR

Für den Sonderfall einer eingeschalteten Wurzelfunktion im Istwerzweig gelten als Ober- und Untergrenze des Ausgangswerts outv die Normierungswerte der Wurzelfunktion (SQRT_HR und SQRT_LR).



Der Ausgangswert outv der Normierungsfunktion wird in diesem Fall gemäß folgender Formel aus dem jeweiligen Eingangswert SP_EXT berechnet:

outv = (SP_EXT – NM_SPELR) x (SQRT_HR – SQRT_LR) / (NM_SPEHR – NM_SPELR) + SQRT_LR

Funktionsintern weden keine Werte begrenzt, und eine Prüfung der Parameter findet nicht statt. Falls Sie für NM_SPEHR und NM_SPELR denselben Wert eingeben, kann nach den obigen Formeln eine Division durch Null auftreten. Dies wird im Funktionsbaustein nicht abgefangen!

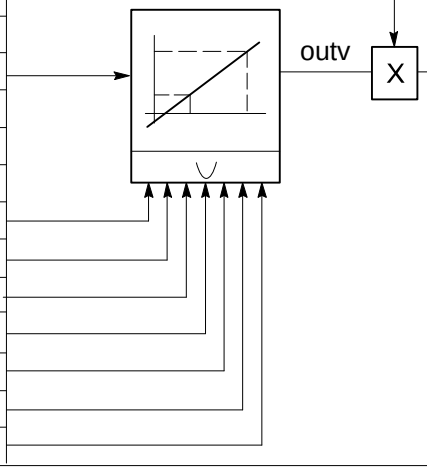
Parameter der Funktion SP_NORM

Der Ausgangsparameter outv ist ein impliziter Parameter und am Konfigurationswerkzeug nur über den Messpunkt MP2 zugänglich.

Parameter	Bedeutung	zul. Wertebereich
SP_EXT	externer Sollwert	technischer Wertebereich (physikalische Größe)
NM_SPEHR	Obergrenze des Eingangswerts SP_EXT	technischer Wertebereich (phsikalische Einheit von SP_EXT)
NM_SPELR	Untergrenze des Eingangswerts SP_EXT	technischer Wertebereich (physikalische Einheit von SP_EXT)
NM_PVHR	Obergrenze des Ausgangswerts outv	technischer Wertebereich (phsikalische Einheit des Istwerts bzw. dimensionslos, wenn Wurzelfunktion eingeschaltet ist)

Parameter	Bedeutung	zul. Wertebereich
NM_PVLR	Untergrenze des Ausgangswerts outv	technischer Wertebereich (phsikalische Einheit des Istwerts bzw. dimensionslos, wenn Wurzel-funktion eingeschaltet ist)
SQRT_HR	Obergrenze des Ausgangswerts outv, falls im Istwertzweig eine Wurzelfunktion eingeschaltet ist	technischer Wertebereich
SQRT_LR	Untergrenze des Ausgangswerts outv, falls im Istwertzweig eine Wurzelfunktion eingeschaltet ist	technischer Wertebereich
SQRT_ON	Wurzelfunktion einschalten	TRUE, FALSE

Eingangsparameter			SP_NORM	Ausgang		
Parameter	**Typ**	***)**		**Signal**	**Typ**	***)**
FAC	REAL	1.0				
SP_EXT	REAL	0.0		MP2	REAL	
NM_SPEHR	REAL	100.0				
NM_SPELR	REAL	-100.0				
NM_PVHR	REAL	100.0				
NM_PVLR	REAL	-100.0				
SQRT_HR	REAL	100.0				
SQRT_LR	REAL	0.0				
SQRT_ON	BOOL	FALSE				



*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 4-9 Funktionsschema und Parameter der Normierung der externen Führungsgröße

4.1.4 FC-Aufruf im Sollwertzweig (SPFC)

Anwendung

Durch Einfügen einer anwenderspezifischen Funktion in den Sollwertzweig ist es möglich, eine extern vorgegebene Führungsgröße vor Aufschaltung auf den Regler einer Signalbehandlung (z. B. einer Signalverzögerung oder Linearisierung) zu unterziehen (Bild 2-12).

Die Funktion SPFC

Aktiviert man die Funktion SPFC durch SPFC_ON = TRUE, wird eine anwenderspezifische Funktion aufgerufen. Über den Parameter SPFC_NBR wird die Nummer der verwendeten FC eingegeben.

Der Regler führt einen Aufruf der-FC durch. Vorhandene Ein-/ Ausgangsparameter der Anwender-FC werden dabei nicht versorgt. Die Datenübertragung müssen Sie deshalb mit S7-AWL in der Anwender-FC programmieren. Nachstehend dafür ein Beispiel:

AWL	Erläuterung
FUNCTION ”Anwender-FC”	
VAR_TEMP	
INV:REAL;	
OUTV:REAL;	
END_VAR	
BEGIN	
L ”Regler_DB”.SPFC_IN	
T #INV	
//Anwenderfunktion OUTV=f(INV)	
L #OUTV	
T ”Regler_DB”.SPFC_OUT	
END_FUNCTION	

Der Wert von SPFC_ON bestimmt dann, ob in den Sollwertkanal an dieser Stelle eine frei programmierte Funktion in Form einer Standard-FC (z. B. eine Kennlinie) eingefügt wird oder ob der Sollwert ohne eine derartige Beeinflussung weiter verarbeitet wird.

Gefahr

Der Baustein überprüft nicht, ob eine FC vorhanden ist. Ist die FC nicht vorhanden, dann geht die CPU mit einem internen Systemfehler in STOP.

Parameter der Funktion SPFC

Der Eingangswert SPFC_IN ist ein impliziter Parameter. Dieser ist am Konfigurationswerkzeug entweder über den Messpunkt MP1 (Sollwert = SP_INT) oder über den Messpunkt MP2 (Sollwert = SP_EXT) zu beobachten. Der Ausgangswert ist am Messpunkt MP3 zugänglich.

Der Eingang SPFC_IN ist dann auf den Sollwertzweig durchgeschaltet, wenn SPFC_ON = FALSE ist (Vorbesetzung).

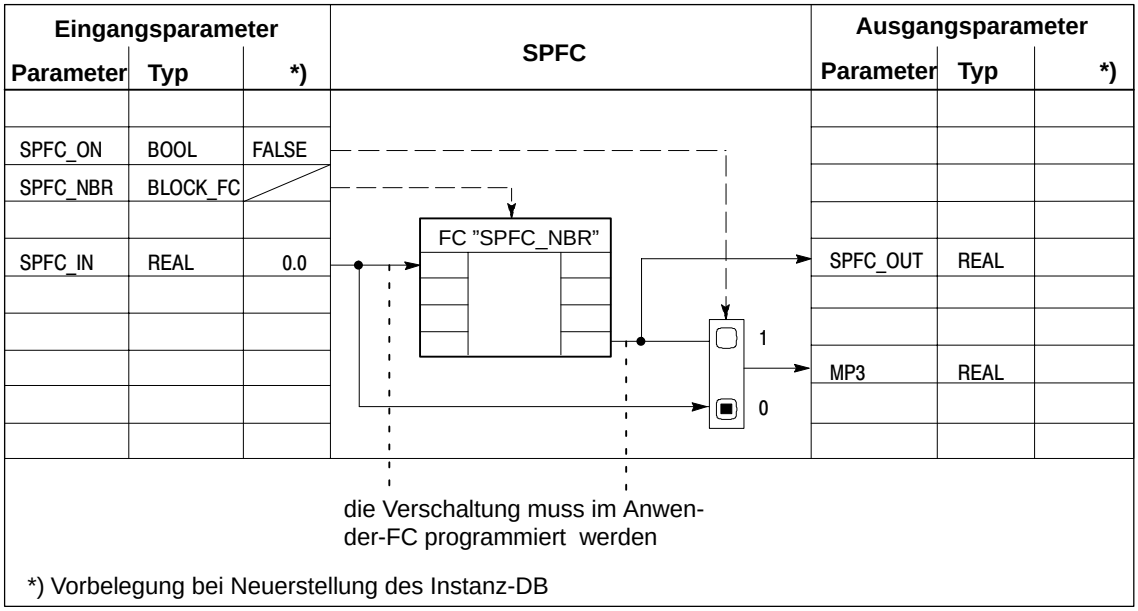


Bild 4-10 FC-Aufruf im Sollwertzweig

4.1.5 Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit des Sollwertes (SP_ROC)

Anwendung

Rampenfunktionen im Sollwertzweig werden dann verwendet, wenn der Prozess keine sprungförmigen Änderungen des Stellsignals verträgt, denn eine sprungförmige Sollwertänderung hat im Allgemeinen auch einen Stellwertsprung des Reglers zur Folge. Diese abrupten Stellwertänderungen sind z. B. dann zu vermeiden, wenn zwischen geregeltem Motor und anzutreibender Last ein Getriebe zwischengeschaltet ist und ein zu schnelles Ansteigen der Motordrehzahl zu einer Überlastung des Getriebes führen würde.

Die Funktion SP_ROC

Die Funktion SP_ROC begrenzt die Änderungsgeschwindigkeit der im Regler verarbeiteten Sollwerte sowohl getrennt für den An- und Abstieg als auch getrennt für den postiven und den negativen Bereich der Führungsgröße.

An den vier Eingängen SPURLM_P, SPDRLM_P, SPURLM_N und SPDRLM_N werden die jeweiligen Begrenzungen für die Steigungen der Rampenfunktion im postiven und negativen Bereich der Führungsgröße eingegeben. Die Steigungen beziehen sich auf einen Anstieg bzw. Abfall pro Sekunde. Schnellere Sollwertänderungen werden auf diese Grenzgeschwindigkeiten verzögert.

Wird z. B. **SPURLM_P** auf 10.0 [techn. Wertebereich/s] parametriert, so werden in jedem Abtastzyklus die folgenden Werte zum ”Altwert” von outv addiert, und zwar solange inv > outv ist:

Abtastzeit	1 s	→	$outv_{alt}$ + 10
	100 ms	→	$outv_{alt}$ + 1
	10 ms	→	$outv_{alt}$ + 0.1

Die Funktionsweise der Signalbehandlung zeigt das folgende Bild anhand eines Beispiels. Aus Sprungfunktionen am Eingang inv(t) werden Rampenfunktionen am Ausgang outv(t).

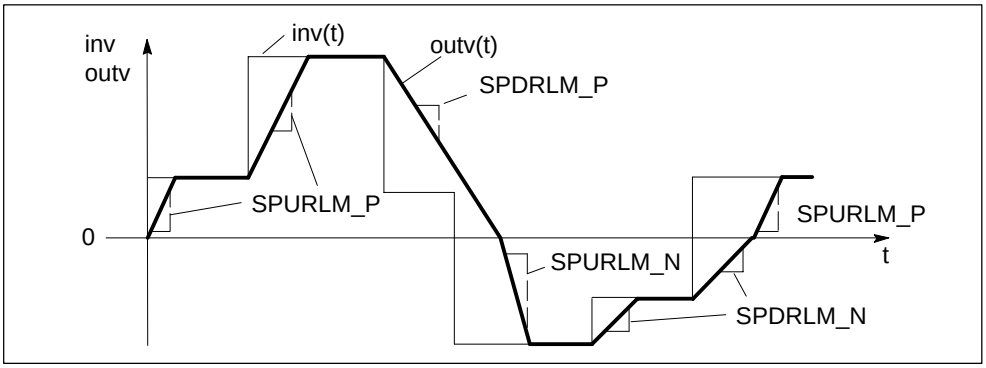


Bild 4-11 Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit der Führungsgröße SP(t)

Das Erreichen der Steigungsbegrenzungen wird nicht gemeldet!

Parameter der Funktion SP_ROC

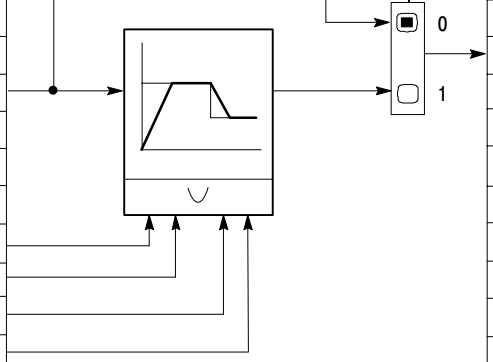
Der Eingangswert inv ist ein impliziter Parameter und am Konfigurationswerkzeug nur über den Messpunkt MP3 zugänglich (Bild 2-12).

Der Ausgangswert outv ist am Konfigurationswerkzeug nicht zugänglich (siehe Bild 2-12).

Die Steigungswerte (pro Sekunde) werden immer positiv eingegeben.

Parameter	Rampe	Bedeutung	Zul. Wertebereich
SPURLM_P	OUTV > 0 und |OUTV| steigend	SP-Anstiegsbegrenzung im positiven Bereich	≥ 0 [techn. Wertebereich/s]
SPDRLM_P	OUTV > 0 und |OUTV| fallend	SP-Abstiegsbegrenzung im positiven Bereich	≥ 0 [techn. Wertebereich/s]
PURLM_N	OUTV < 0 und |OUTV| steigend	SP-Anstiegsbegrenzung im negativen Bereich	≥ 0 [techn. Wertebereich/s]
SPDRLM_N	OUTV < 0 und |OUTV| fallend	SP-Abstiegsbegrenzung im negativen Bereich	≥ 0 [techn. Wertebereich/s]

Eingangsparameter			SP_ROC	Ausgang		
Parameter	Typ	*)		Signal	Typ	*)
SPROC_ON	BOOL	FALSE				
				outv	REAL	
inv	REAL					
SPURLM_P	REAL	10.0				
SPDRLM_P	REAL	10.0				
SPURLM_N	REAL	10.0				
SPDRLM_N	REAL	10.0				



*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 4-12 Funktionsschema und Parameter der Begrenzung der Sollwert-Änderungsgeschwindigkeit

4.1.6 Begrenzung des Absolutwertes der Führungsgröße (SP_LIMIT)

Anwendung

Der Einstellbereich der Führungsgröße bestimmt den Bereich, in dem die Regelgröße schwanken kann, d. h. den Bereich, in dem sich der Prozess im Rahmen zulässiger Zustandswerte bewegt.

Zur Vermeidung von kritischen oder unzulässigen Prozesszuständen wird deshalb im Sollwertzweig von Standard PID Control der Einstellbereich der Führungsgröße nach oben und unten begrenzt.

Die Funktion SP_LIMIT

Die Funktion SP_LIMIT begrenzt den Sollwert SP so lange auf den vorgebbaren unteren und oberen Wert SP_LLM und SP_HLM, wie die Eingangsgröße INV außerhalb dieser Begrenzungen liegt. Da die Funktion nicht abgeschaltet werden kann, muss bei der Konfiguration immer die Angabe einer Unter- und Obergrenze berücksichtigt werden.

Die Zahlenwerte der Grenzen werden an den Eingangsparametern für die untere und obere Begrenzung eingestellt. Bei Überschreitungen durch die Eingangsgröße inv(t) werden die zugehörigen Anzeigen über die Meldeausgänge (Bild 4-14) ausgegeben.

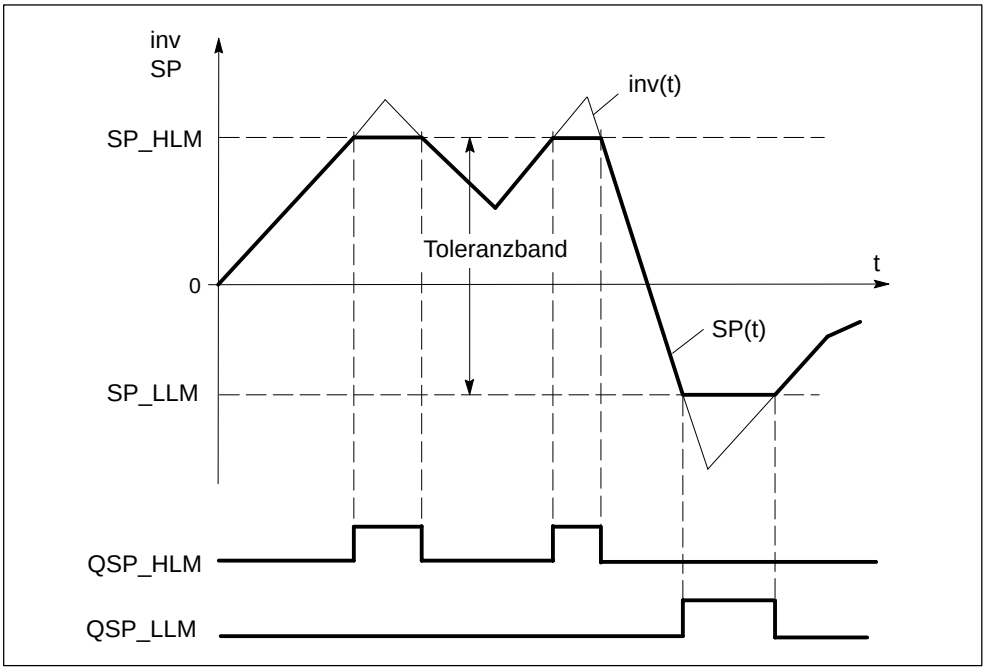


Bild 4-13 Absolutwertbegrenzung der Führungsgröße SP (t)

Anlauf und Betriebsweise

- Bei Neustart werden alle Meldeausgänge nullgesetzt.
- Die Begrenzung arbeitet gemäß folgenden Beziehungen:

SP =	QSP_HLM =	QSP_LLM =	wenn:
SP_HLM	TRUE	FALSE	inv ≥ SP_HLM
SP_LLM	FALSE	TRUE	inv ≤ SP_LLM
INV	FALSE	FALSE	SP_HLM < inv < SP_LLM

Am Ausgang, d. h. am Parameter SP, wird der wirksame Sollwert von Standard PID Control angezeigt.

Parameter der Funktion SP_LIMIT

Der Eingangswert inv ist ein impliziter Parameter und am Konfigurationswerkzeug nur über den Messpunkt MP3 zugänglich.

Für ein sinnvolles Arbeiten der Begrenzungsfunktion muss gelten:

SP_HLM > SP_LLM

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
SP_HLM	Obere Begrenzung der Führungsgröße	SP_LLM ... Obergrenze des techn. Wertebereichs
SP_LLM	Untere Begrenzung der Führungsgröße	Untergrenze des techn. Wertebereichs ... SP_HLM

Der Eingangsparameter inv ist ein impliziter Parameter und am Konfigurationswerkzeug nicht zugänglich (siehe Bild 2-12).

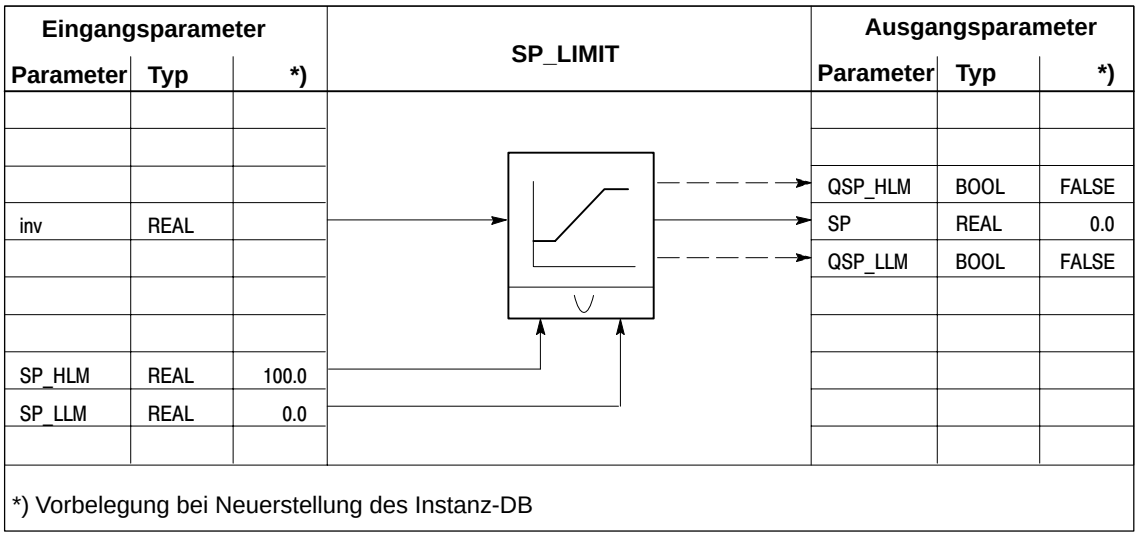


Bild 4-14 Funktionsschema und Parameter der Absolutwert-Begrenzung des Sollwertes

4.1.7 Sollwertverstellung über das Konfigurationswerkzeug

SP-Anzeige und -Einstellung im Kreisbild

Das Konfigurationswerkzeug hat eine eigene Schnittstelle zum Regler-FB. Es ist deshalb jederzeit möglich, z. B. zu Testzwecken von einem PG/PC aus, auf dem das Konfigurationswerkzeug geladen ist, den Sollwertzweig zu unterbrechen und eigene Sollwerte SP_OP vorzugeben (Bild 4-15).

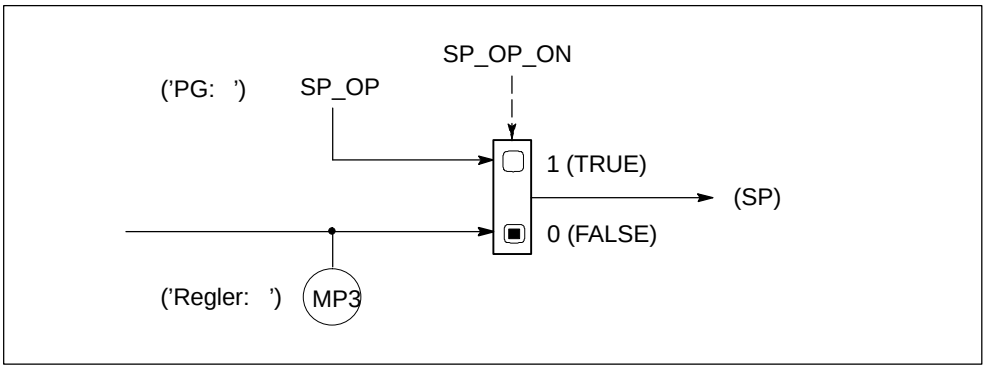


Bild 4-15 Eingriff in den Sollwertzweig durch das Konfigurationswerkzeug

Im Fenster des **Kreisbildes** steht dafür – bezeichnet mit **Sollwert** – eines der drei identischen Bedienfelder zur Verfügung. Hier wird unten ('Regler: ') der aktuelle am Messpunkt MP3 anliegende Sollwert ausgegeben. Im Feld darüber ('PG: ') wird der Parameter SP_OP angezeigt und bedient.

Umschalten auf Sollwertvorgabe durch Konfigurationswerkzeug

Steht der Schalter im Konfigurationswerkzeug auf 'PG: ', dann wird im Regler-FB das Schaltsignal des Strukturschalters SPOP_ON auf TRUE gesetzt und SP_OP wird auf den Sollwert SP durchgeschaltet.

Ist im Sollwertzweig die Steigungsbegrenzung SP_ROC eingeschaltet, kann stoßfrei zwischen den Schalterstellungen 'PG: ' und 'Regler: ' umgeschaltet werden. Der Wert, auf den zurückgeschaltet wird (MP3), kann im Anzeigefeld 'Regler: ' des **Kreisbildes** abgelesen werden. Mit der an SP_ROC eingestellten Rampensteigung wird SP danach auf diesen Wert zu geführt.

Diese Bedieneingriffe wirken jeweils erst dann auf den Prozess, wenn sie durch Betätigen der Taste 'Senden' im **Kreisbild** zum Automatisierungsgerät übertragen werden.

4.2 Signalverarbeitung im Istwertzweig

4.2.1 Normierung der Istwerteingabe

Anwendung

Die Funktion “Normierung im Istwertzweig” dient zur Normierung des Eingangswertes PV_PER bzw. PV_IN auf die physikalische Einheit des Istwerts.

Die Funktion PV_NORM

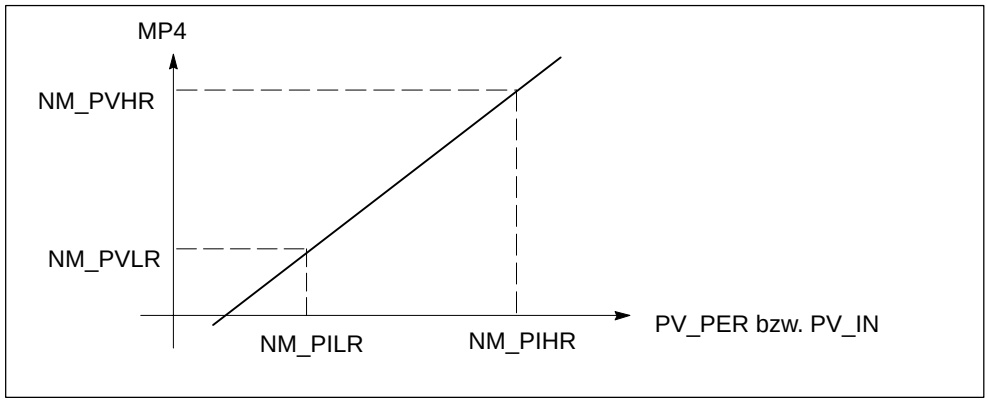
Die Funktion PV_NORM normiert eine analoge Eingangsgröße. Über den Schalter PVPER_ON legen Sie die zu normierende Eingangsgröße fest:

- PVPER_ON = TRUE: Eingangsgröße ist der Istwert Peripherie PV_PER
- PVPER_ON = FALSE: Eingangsgröße ist der interne Istwert PV_IN

Die Eingangsgröße wird mit Hilfe der Normierungsgeraden in die Ausgangsgröße MP4 überführt. Der Messpunkt MP4 ist am Konfigurationswerkzeug zugänglich (siehe Bild 2-13).

Zur eindeutigen Festlegung der Normierungsgeraden definieren Sie die folgenden vier Parameter:

- die Obergrenze des Eingangswertes PV_PER bzw. PV_IN: NM_PIHR
- die Untergrenze des Eingangswertes PV_PER bzw. PV_IN: NM_PILR
- die Obergrenze des Ausgangswerts MP4: NM_PVHR
- die Untergrenze des Ausgangswerts MP4: NM_PVLR



Der Ausgangswert MP4 wird nach folgender Formel aus dem jeweiligen Eingangswert PV_PER bzw. PV_IN berechnet:

MP4 = (**PV_PER** – NM_PILR) x (NM_PVHR – NM_PVLR) / (NM_PIHR – NM_PILR) + NM_PVLR

bzw.

MP4 = (**PV_IN** – NM_PILR) x (NM_PVHR – NM_PVLR) / (NM_PIHR – NM_PILR) + NM_PVLR

Funktionsintern werden keine Werte begrenzt, und eine Prüfung der Parameter findet nicht statt. Falls Sie für NM_PIHR und NM_PILR denselben Wert eingeben, kann nach den obigen Formeln eine Division durch Null auftreten. Dies wird im Funktionsbaustein nicht abgefangen!

Normierung des Istwerts von Peripherie

Die Eingabe der Ober- und Untergrenze des Eingangswerts wird durch die Parametrieroberfläche unterstützt.

Für Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessbereiche liegt die Nennbereichsobergrenze des Parameters PV_PER (Peripherieeingang) immer auf dezimal 27648, die Nennbereichsuntergrenze auf 0 oder –27648.

Bei Tempearturbaugruppen ist die Nennbereichsobergrenze variabel. Sie ist der jeweiligen Baugruppenbeschreibung zu entnehmen.

Parameter der Funktionen CRP_IN und PV_NORM

Der Peripherieeingang PV_PER ist dann auf den Istwertzweig durchgeschaltet, wenn PVPER_ON = TRUE gesetzt ist. Am Messpunkt MP4 kann der normierte Peripherie-Istwert beobachtet werden (Bild 2-13).

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
PV_PER	Istwert im Peripherieformat	
NM_PIHR	Obergrenze des Eingangswerts	technischer Wertebereich
NM_PILR	Untergrenze des Eingangswerts	technischer Wertebereich
NM_PVHR	Obergrenze des Ausgangswerts MP4	technischer Wertebereich (physikalische Einheit des Istwerts bzw. dimensionslos, falls Wurzelfunktion eingeschaltet)
NM_PVLR	Untergrenze des Ausgangswerts MP4	technischer Wertebereich (physikalische Einheit des Istwerts bzw. dimensionslos, falls Wurzelfunktion eingeschaltet)

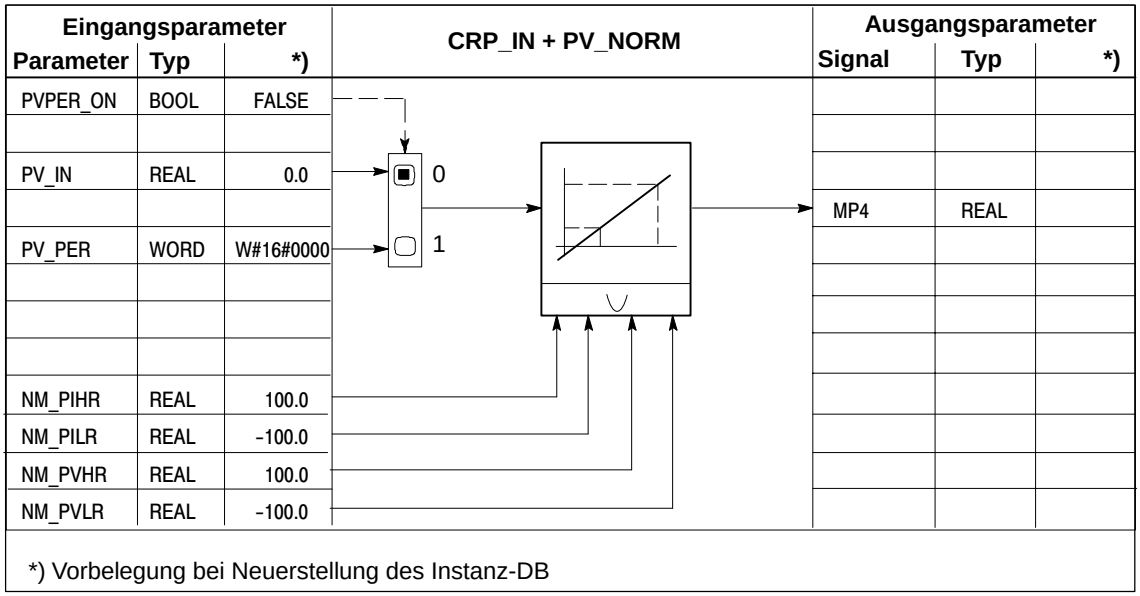


Bild 4-16 Funktionsschema und Parameter für die Normierung der physikalischen Regelgröße

4.2.2 Glättung der Regelgröße (LAG1ST)

Anwendung

Die Funktion LAG1ST wird als Glättungs- und Verzögerungsglied für die Regelgröße eingesetzt. Störsignale können damit unterdrückt werden.

Die Funktion LAG1ST

Durch zeitliche Verzögerung werden höherfrequente Schwankungen des Istwertsignals gedämpft und dadurch von der Verarbeitung im Regelalgorithmus - insbesondere von Auswirkungen auf die Bildung des Differenziereinflusses - ferngehalten. Das Maß der Signaldämpfung wird durch die einstellbare Zeitkonstante PV_TMLAG bestimmt.

Die Dämpfungswirkung wird durch einen Verzögerungsalgorithmus 1. Ordnung erzielt.

Die Übertragungsfunktion im Laplace-Bereich ist:

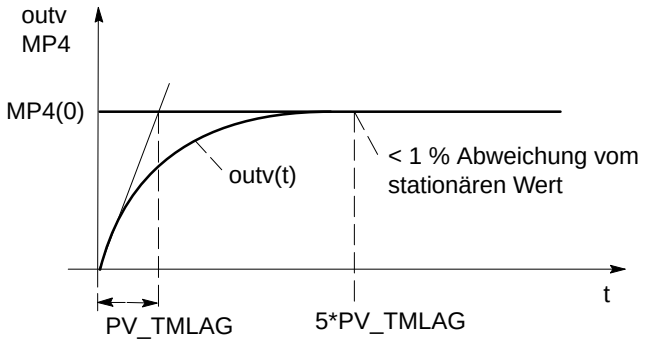
$$\frac{outv(s)}{MP4(s)} = \frac{1}{(1 + PV\_TMLAG * s)}$$ mit s = Laplace-Operator

Die Sprungantwort im Zeit-Bereich ist:

$$outv(t) = MP4(0)\,(1 - e^{-t/PV\_TMLAG})$$

Darin bedeutet:

MP4(0)	die Höhe des Istwertsprungs am Eingang
outv(t)	die Ausgangsgröße
PV_TMLAG	die Verzögerungszeitkonstante
t	Zeit



Parametrier-Bedingungen

Für PV_TMLAG ≤ 0,5 * CYCLE ist keine Verzögerung mehr wirksam.

Eine Abtastzeit (CYCLE) von weniger als einem Fünftel der Verzögerungszeit ist erforderlich, um ein dem analogen Verhalten annähernd entsprechendes Verzögerungsverhalten zu erzielen.

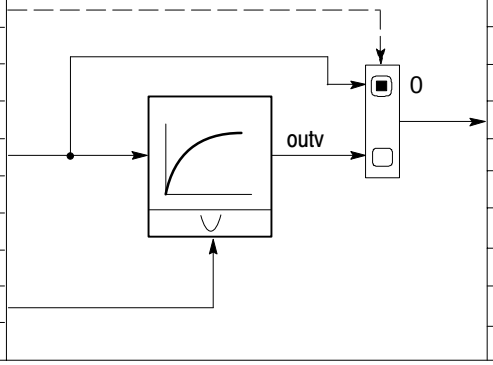
Parameter der Funktion LAG1ST

Der Ausgangswert outv ist ein impliziter Parameter und am Konfigurationswerkzeug nur über den Messpunkt MP5 zu beobachten (Bild 2-13).

Wenn LAG1STON = FALSE, dann ist der Peripherieeingang PV_PER bzw. der interne Eingang PV_IN verzögerungsfrei auf den Istwertzweig durchgeschaltet (Vorbesetzung).

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
PV_TMLAG	Istwert-Verzögerungszeit	gesamter Wertebereich

Eingangsparameter			LAG1ST	Ausgangsparameter		
Parameter	Typ	*)		Signal	Typ	*)
LAG1STON	BOOL	FALSE				
				MP5	REAL	0.0
MP4	REAL	0.0				
PV_TMLAG	TIME	T#5s				



*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 4-17 Glättung der Regelgröße

4.2.3 Bildung der Quadratwurzel (SQRT)

Anwendung

Liegt der von einem Geber gelieferte Istwert als physikalische Größe vor, die in einem quadratischem Zusammenhang mit der gemessenen Prozessgröße steht, dann muss der Verlauf der Regelgröße vor der Weiterverarbeitung im Regler linearisiert werden. Diese Aufgabe erfüllt die Funktion SQRT im Istwertzweig von Standard PID Control.

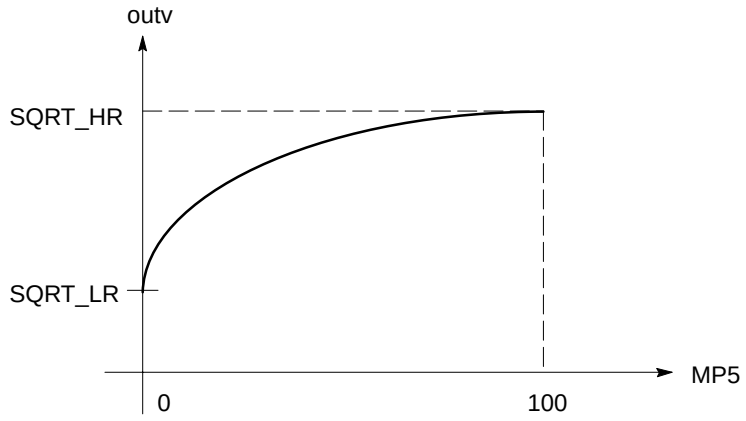
Das Messsignal muss immer dann durch Radizieren linearisiert werden, wenn Durchflussmessungen mit Hilfe von Messblenden oder Venturirohren usw. vorgenommen werden. Der gemessene Differenzdruck (Wirkdruck) ist dann proportional zum Quadrat des Durchflusses.

Über das Eingangssignal SQRT_ON = TRUE wird die Wurzelfunktion im Istwertzweig aktiviert. Der Algorithmus der Wurzelfunktion hat folgende Form:

outv = SQRT (MP5) x (SQRT_HR – SQRT_LR) / 10.0 + SQRT_LR

Diese Formel sieht vor, dass der Eingangswert der Wurzel auf einen Zahlenbereich von 0 bis 100 normiert ist. Die Parameter NM_PVHR und NM_PVLR der Normierung im Istwertzweig müssen daher auf 100.0 und 0.0 parametriert werden.

Die Wurzel aus diesem Wert ergibt einen Zahlenbereich von 0 bis 10. Über die Normierungswerte SQRT_HR und SQRT_LR wird dieser Zahlenbereich normiert auf den physikalischen Messbereich (SQRT_LR bis SQRT_HR).



Beispiel zur Normierung

Der Eingangswert PV_IN des Reglers sei der Differenzdruck in mbar:

Messbereichs-Anfang NM_PILR	Messbereichs-Ende NM_PIHR	Wertebeispiel für PV_IN
20.0 mbar	200.0 mbar	150.0 mbar

Mit Hilfe der Normierfunktion PV_NORM erfolgt die Berechnung des normierten Differenzdrucks, wobei NM_PVHR = 100.0 und NM_PVLR = 0.0 gewählt wird:

MP4 = (PV_IN – NM_PILR) * (NM_PVHR – NM_PVLR) /
(NM_PIHR – NM_PILR) + NM_PVLR
= (PV_IN – 20.0 mbar) * (100.0 – 0.0) /
(200.0 mbar – 20.0 mbar) + 0.0
= (PV_IN – 20.0 mbar) * 100 / 180.0 mbar

Anfangswert von MP4	Endwert von MP4	Wertebeispiel für MP4
0.0	100.0	72.222

In diesem Beispiel wird keine Glättung verwendet und daher gilt: MP5 = MP4.

Für die Wurzel aus dem normierten Differenzdruck MP5 ergibt sich:

Anfangswert nach der Wurzel	Endwert nach der Wurzel	Wertebeispiel für SQRT(MP5)
0.0	10.0	8.498

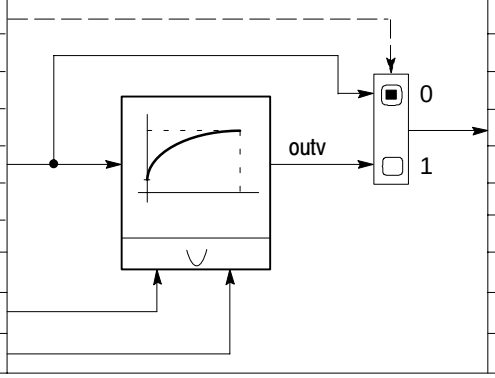
Für den normierten Ausgangswert outv der Wurzelfunktion (physikalischer Durchfluss) folgt mit SQRT_HR = 20000.0 m^3/h und SQRT_LR = 0.0 m^3/h:

outv = SQRT(MP5) * (SQRT_HR – SQRT_LR) / 10.0 + SQRT_LR
= SQRT(MP5) * (20000.0 m^3/h – 0.0 m^3/h) / 10.0 + 0.0 m^3/h
= 2000.0 m^3/h * SQRT(MP5)

Messbereichs-Anfang outv	Messbereichs-Ende outv	Wertebeispiel für outv
0.0 m^3/h	20000.0 m^3/h	16996.732 m^3/h

Der Ausgangsparameter outv ist ein impliziter Parameter und am Konfigurationswerkzeug nicht zugänglich (siehe Bild 2-13).

Eingangsparameter			SQRT	Ausgang		
Parameter	Typ	*)		Signal	Typ	*)
SQRT_ON	BOOL	FALSE				
				(PVFC_IN)	REAL	0.0
(MP5)	REAL	0.0				
SQRT_HR	REAL	100.0				
SQRT_LR	REAL	0.0				



*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 4-18 Funktionsschema und Parameter für die Radizierung des Istwertsignals

4.2.4 FC-Aufruf im Istwertzweig (PVFC)

Anwendung

Durch Einfügen einer anwenderspezifischen Funktion in den Istwertzweig kann die Regelgröße vor der Weiterverarbeitung im Regler einer Signalbehandlung, z. B. einer Signalverzögerung oder Linearisierung, unterzogen werden (Bild 2-13).

Die Funktion PVFC

Bei Aktivierung der Funktion PVFC durch PVFC_ON = TRUE wird eine anwenderspezifische Funktion aufgerufen. Über den Parameter PVFC_NBR wird die Nummer der verwendeten FC eingegeben.

Der Regler führt einen Aufruf der FC durch. Vorhandene Ein-/ Ausgangsparameter der Anwender-FC werden dabei nicht versorgt. Die Datenübertragung müssen Sie deshalb mit S7-AWL in der Anwender-FC programmieren. Nachstehend dafür ein Beispiel:

AWL	Erläuterung

FUNCTION ”Anwender-FC”
VAR_TEMP
INV:REAL;
OUTV:REAL;
END_VAR
BEGIN
L ”Regler_DB”.PVFC_IN
T #INV
//Anwenderfunktion OUTV=f(INV)
L #OUTV
T ”Regler_DB”.PVFC_OUT
END_FUNCTION	

Der Wert von PVFC_ON bestimmt dann, ob in den Istwertzweig an dieser Stelle eine frei programmierte Funktion in Form einer Standard-FC (z. B. eine Kennlinie) eingefügt wird oder ob der Istwert ohne eine derartige Beeinflussung weiterverarbeitet wird.

Gefahr

Der Baustein überprüft nicht, ob eine FC vorhanden ist. Ist die FC nicht vorhanden, dann geht die CPU mit einem internen Systemfehler in STOP.

Parameter der Funktion PVFC

Der Eingangswert PVFC_IN ist ein impliziter Parameter und am Konfigurationswerkzeug nicht zu beobachten. Der Ausgangswert ist am Messpunkt MP6 zugänglich (Bild 2-13).

Wenn PVFC_ON = FALSE ist (Vorbesetzung), dann ist der Eingang PVFC_IN auf den Istwertzweig durchgeschaltet.

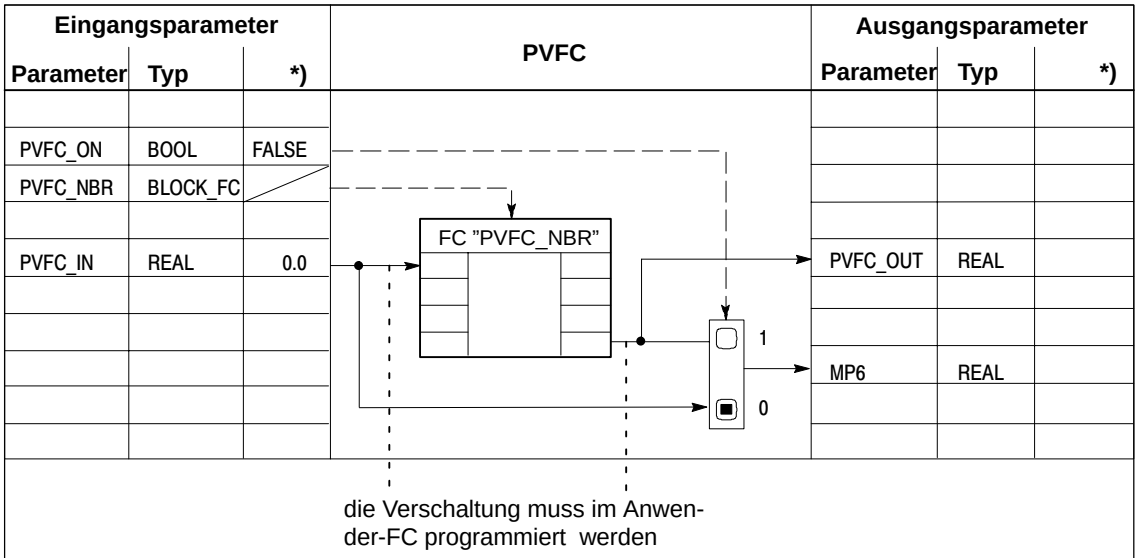


Bild 4-19 FC-Aufruf im Istwertzweig

4.2.5 Überwachung des Istwertes auf Grenzwerte (PV_ALARM)

Anwendung

Werden bestimmte Werte der Prozessgrößen (z. B. Drehzahl, Druck, Füllstand, Temperatur, ...) über- oder unterschritten, können bei Regelungen unzulässige Prozess- oder Anlagenzustände auftreten. In diesen Fällen wird die Funktion PV_ALARM eingesetzt, um den Istwert auf Über-/Unterschreitung des zulässigen Betriebsbereiches zu überwachen. Die Grenzüberschreitungen werden erfasst und gemeldet, damit eine sinnvolle Reaktion ausgelöst werden kann.

Die Funktion PV_ALARM

Die Funktion PV_ALARM überwacht die Regelgröße PV(t) auf vier vorgebbare Grenzen in zwei Toleranzbändern. Werden die Grenzen erreicht oder überschritten, meldet die Funktion an der ersten Grenze ”Warnung” und an der zweiten Grenze ”Alarm”.

Die Zahlenwerte der Grenzen werden an den Eingangsparametern für ”Warnung” und ”Alarm” eingestellt (Bild 4-20). Überschreitet bzw. unterschreitet der Istwert (PV) diese Grenzen, dann werden die zugehörigen Ausgangsmeldebits QPVH_ALM, QPVH_WRN, QPVL_WRN und QPVL_ALM gesetzt (Bild 4-21).

Um bei geringfügigen Änderungen der Eingangsgröße oder bei Rundungsfehlern ein ”Flackern” der Meldebits zu verhindern, wird eine Hysterese (Rückschaltdifferenz) PV_HYS eingestellt. Die Regelgröße muss die Hysterese überwinden, bevor die Meldungen rückgesetzt werden.

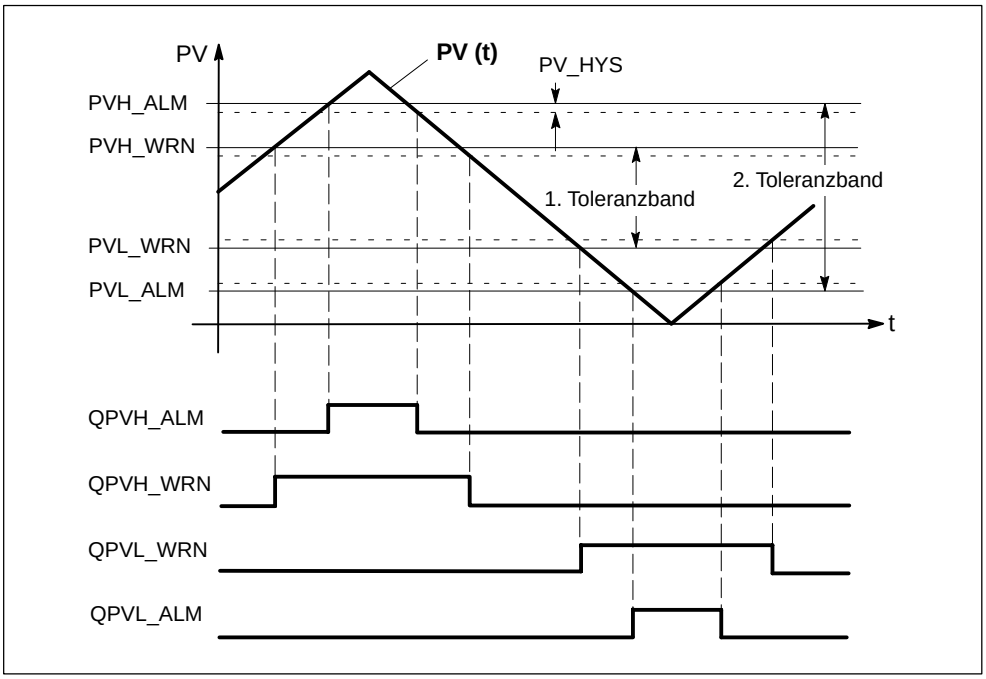


Bild 4-20 Überwachung der Regelgröße PV auf Grenzwertüber-/-unterschreitung

Anlauf und Betriebsweise

- Bei Neustart werden alle Meldeausgänge nullgesetzt.
- Die Grenzwertmeldung arbeitet entsprechend den folgenden Funktionen:

QPVH_ ALM	QPVH_ WRN	QPVL_ WRN	QPVL_ ALM	wenn:	und:
TRUE	TRUE	FALSE	FALSE	PV ↗ PV↘	PV ≥ PVH_ALM PV ≥ PVH_ALM – PV_HYS
FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	PV ↗ PV↘	PV ≥ PVH_WRN PV ≥ PVH_WRN – PV_HYS
FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	PV ↘ PV↗	PV ≤ PVL_WRN PV ≤ PVL_WRN + PV_HYS
FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	PV ↘ PV ↗	PV ≤ PVL_ALM PV ≤ PVL_ALM + PV_HYS

Für ein sinnvolles Arbeiten des Bausteins muss gelten:

PVL_ALM < PVL_WRN < PVH_WRN < PVH_ALM

Parameter der Funktion PV_ALARM

Die Funktion PV_ALARM kann nicht abgeschaltet werden. Bei der Konfiguration von Standard PID Control ist deshalb besonders auf die Grenzwerteinstellung zu achten. Andernfalls werden Grenzüberschreitungen gemäß den voreingestellten Parametern (Bild 4-21) gemeldet.

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
PVH_ALM PVH_WRN PVL_ALM PVL_WRN	Oberer PV-Grenzwert 'Alarm' Oberer PV-Grenzwert 'Warnung' Unterer PV-Grenzwert 'Warnung' Unterer PV-Grenzwert 'Warnung'	Techn. Wertebereich Techn. Wertebereich Techn. Wertebereich Techn. Wertebereich
PV_HYS	PV-Rückschaltdifferenz (Hysterese)	≥ 0 [%]

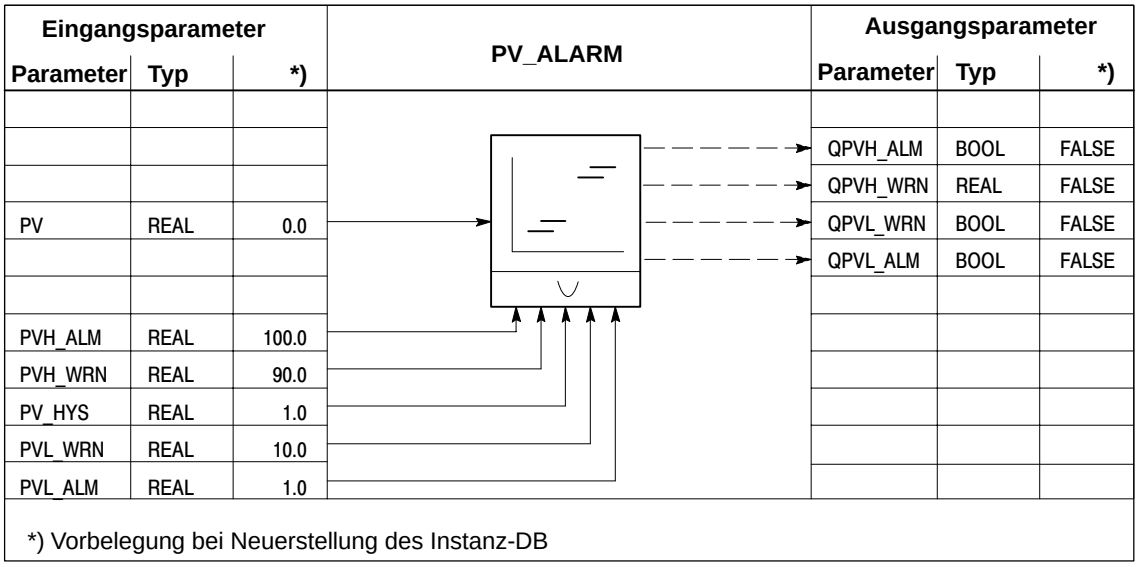


Bild 4-21 Funktionsschema und Parameter der Grenzwertüberwachung des Istwertes PV

4.2.6 Überwachung der Änderungsgeschwindigkeit des Istwertes (ROCALARM)

Anwendung

Wird die Änderung der Prozessgröße (z. B. Drehzahl, Druck, Füllstand, Temperatur, ...) zu groß, können bei Regelungen unzulässige Prozess- oder Anlagenzustände auftreten. In diesen Fällen wird die Funktion ROCALARM eingesetzt, um den Istwert auf Über-/Unterschreiten einer zulässigen Änderungsgeschwindigkeit bzw. Steigung zu überwachen. Die Grenzüberschreitungen werden erfasst und gemeldet, damit eine sinnvolle Reaktion ausgelöst werden kann.

Die Funktion ROCALARM

Die Funktion ROCALARM überwacht die Regelgröße PV(t) auf je nach Vorzeichen unterschiedlich vorgebbare Grenzen für die zulässige Änderungsgeschwindigkeit.

Die Zahlenwerte der Grenzsteigungen werden an den Eingangsparametern für ”Steigen ” und ”Fallen” im postiven und negativen Bereich der Regelgröße eingestellt. Die Steigungen beziehen sich auf einen Anstieg bzw. Abfall in Prozent pro Sekunde.

Überschreitet die Änderungsgeschwindigkeit der Regelgröße diese Grenzen, dann werden die zugehörigen Ausgangsmeldebits QPVURLMP ... QPVDRLMN gesetzt (Bild 4-22 und 4-23).

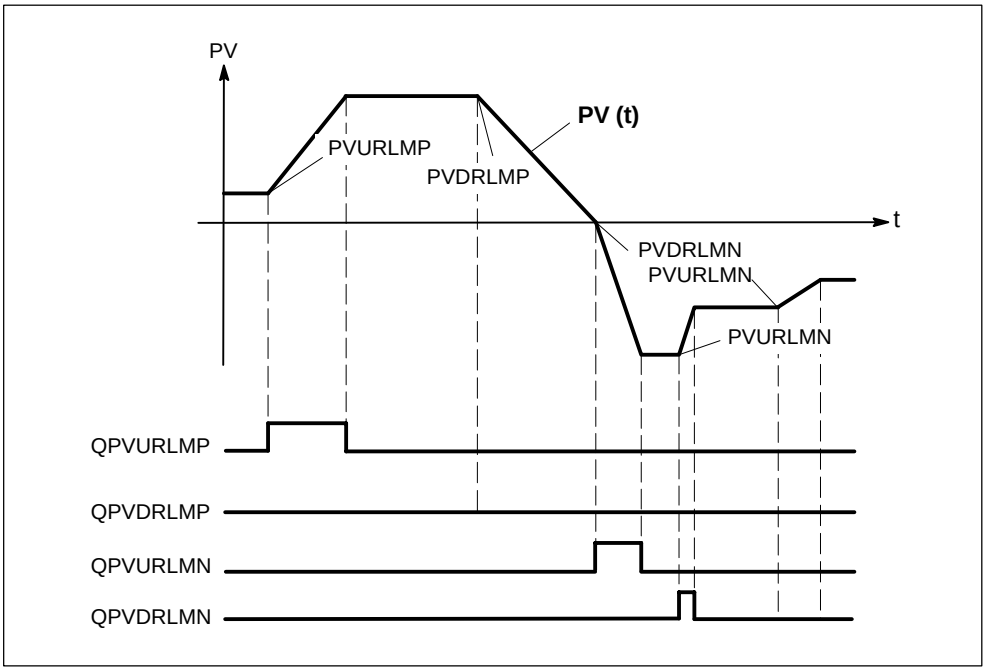


Bild 4-22 Überwachung der Änderungsgeschwindigkeit (Steigung) der Regelgröße PV(t) auf Grenzwertüber-/-unterschreitung

Die Kennzeichnung der Rampen-Parameter erfolgt nach folgendem Schema:

Parameter	PV-Änderung
PVURLM_P	PV > 0 und |PV| steigend
PVDRLM_P	PV > 0 und |PV| fallend
PVURLM_N	PV < 0 und |PV| steigend
PVDRLM_N	PV < 0 und |PV| fallend

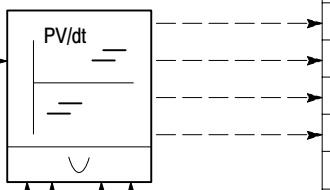
Parameter der Funktion ROCALARM

Die Funktion ROCALARM kann nicht abgeschaltet werden. Bei der Konfiguration von Standard PID Control ist deshalb besonders auf die Grenzwerteinstellung zu achten. Andernfalls werden Grenzüberschreitungen gemäß den voreingestellten Parametern (Bild 4-23) gemeldet.

Parameter	Bedeutung	Zul. Wertebereich
PVURLM_P	PV-Anstiegsbegrenz. im pos. Bereich	≥ 0 [/s]
PVDRLM_P	PV-Abstiegsbegrenz. im pos. Bereich	≥ 0 [/s]
PVURLM_N	PV-Anstiegsbegrenz. im neg. Bereich	≥ 0 [/s]
PVDRLM_N	PV-Abstiegsbegrenz. im neg. Bereich	≥ 0 [/s]

Die Steigungswerte werden immer positiv eingegeben.

Eingangsparameter			ROCALARM	Ausgangsparameter		
Parameter	Typ	*)		Parameter	Typ	*)
				QPVURLMP	BOOL	FALSE
PV	REAL	0.0		QPVDRLMP	REAL	FALSE
				QPVDRLMN	BOOL	FALSE
				QPVURLMN	BOOL	FALSE
PVURLM_P	REAL	10.0				
PVDRLM_P	REAL	10.0				
PVDRLM_N	REAL	10.0				
PVURLM_N	REAL	10.0				



*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 4-23 Funktionsschema und Parameter der Überwachung der Regelgröße PV(t) auf Geschwindigkeitsüberschreitung

4.2.7 Istwertverstellung über das Konfigurationswerkzeug

PV-Anzeige und -Einstellung im Loop Monitor

Das Konfigurationswerkzeug hat eine eigene Schnittstelle zum Regler-FB. Es ist deshalb jederzeit möglich, z. B. zu Testzwecken von einem PG/PC aus, auf dem das Konfigurationswerkzeug geladen ist, den Regelgrößenzweig zu unterbrechen und eigene Istwerte PV_OP vorzugeben (Bild 4-24).

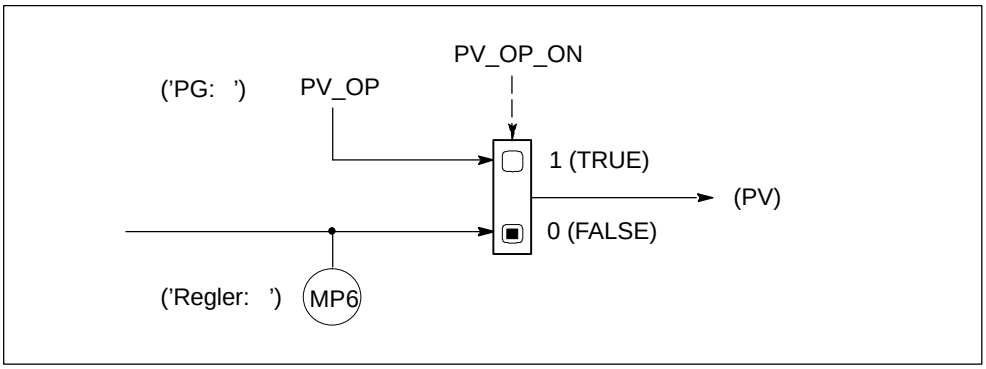


Bild 4-24 Eingriff in den Sollwertzweig von einer Bedieneinrichtung (OP) aus

Im Fenster des **Kreisbildes** steht dafür – bezeichnet mit **Istwert** – eines der drei identischen Bedienfelder zur Verfügung. Hier wird unten ('Regler: ') der aktuelle am Messpunkt MP6 anliegende Istwert ausgegeben. Im Feld darüber ('PG: ') wird der Parameter PV_OP angezeigt und bedient.

Umschalten auf Istwertvorgabe durch Konfigurationswerkzeug

Steht der Schalter im Konfigurationswerkzeug auf 'PG: ', dann wird im Regler-FB das Schaltsignal des Strukturschalters PVOP_ON auf TRUE gesetzt und PV_OP wird auf den Istwert PV durchgeschaltet.

Der Wert, auf den zurückgeschaltet wird (MP6), kann im Anzeigefeld 'Regler: ' des **Kreisbildes** abgelesen werden.

Diese Bedieneingriffe wirken jeweils erst dann auf den Prozess, wenn sie durch Betätigen der Taste 'Senden' im **Kreisbild** auf das Automatisierungsgerät übertragen werden.

4.3 Signalverarbeitung der Regeldifferenz (Regelabweichung)

4.3.1 Signalfilterung durch Totzonenfunktion (DEADBAND)

Anwendung

Bei Überlagerung der Regel- oder der Führungsgröße mit einem höherfrequenten Störsignal wird bei optimal eingestelltem Regler der Rauschanteil auch am Reglerausgang wirksam. Dies kann z. B. bei hoher Verstärkung des Reglers und eingeschalteter Diffenzierung starke Schwankungen der Stellgröße verursachen. Wegen der vermehrten Schalthäufigkeit (Schrittregler) hat das einen erhöhten Verschleiß des Stellgliedes zur Folge.

Die Funktion vermindert im eingeschwungenen Zustand des Reglers den Rauschanteil im Signal der Regeldifferenz und vermindert dadurch ein unerwünschtes Oszillieren des Reglerausgangs.

Die Funktion DEADBAND

Die Funktion DEADBAND unterdrückt in einem einstellbaren Bereich kleine Schwankungen der Eingangsgröße um einen festgelegten Nullpunkt. Außerhalb dieser Schwankungsbreite steigt bzw. fällt die Regeldifferenz ER proportional zur Eingangsgröße. Die Breite der unwirksamen Zone (Totzone) kann mit dem Parameter DEADB_W festgelegt werden. Die Totzonenbreite darf nur positive Werte annehmen.

Befindet sich die Eingangsgröße innerhalb der Totzone, wird am Ausgang der Wert 0 (Regeldifferenz = 0) ausgegeben. Erst wenn die Eingangsgröße diesen Unempfindlichkeitsbereich verlässt, steigt bzw. fällt der Ausgang um die gleichen Werte wie die Eingangsgröße inv. Daraus resultiert eine Verfälschung des übertragenen Signals auch außerhalb der Totzone. Das wird jedoch zur Vermeidung von Sprüngen an den Grenzen der Totzone in Kauf genommen (Bild 4-25). Die Verfälschung entspricht dem Wert DEADB_W und ist deshalb leicht kontrollierbar.

Die Funktion DEADBAND arbeitet gemäß folgenden Funktionen:

$(ER) = inv + DEADB\_W$ für $inv < -DEADB\_W$

$(ER) = 0$ für $-DEADB\_W \leq inv \leq +DEADB\_W$

$(ER) = inv - DEADB\_W$ für $inv > +DEADB\_W$

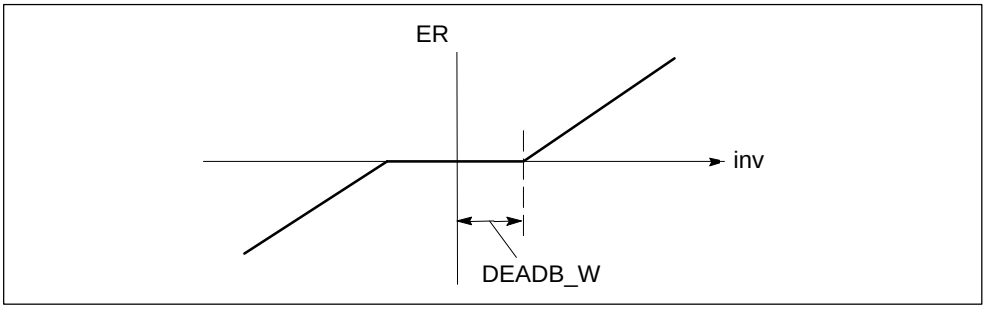


Bild 4-25 Rausch-Filterung des Regeldifferenzsignals ER durch Funktion mit Totzonenbildung

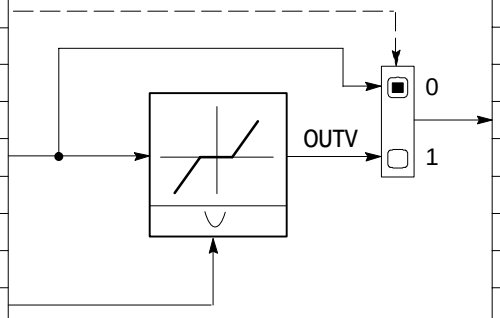
Parameter der Funktion DEADBAND

Die Funktion DEADBAND kann abgeschaltet werden. Auswirkungen der Signalfilterung können am Ausgang 'ER' mit Hilfe des **Kurvenschreibers** (Konfigurationswerkzeug) beobachtet werden (Bild 2-13).

Der Parameter DEADB_W kann zwischen 0.0 und der Obergrenze des techn. Wertebereichs gewählt werden.

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
DEADB_W	Totzonenbreite (= Bereich Null bis Totzonenobergrenze)	0 bis Obergrenze des techn. Wertebereichs

Eingangsparameter			DEADBAND	Ausgangsparameter		
Parameter	Typ	*)		Parameter	Typ	*)
DEADB_ON	BOOL	FALSE				
				ER	REAL	0.0
inv	REAL					
DEADB_W	REAL	1.0				



*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 4-26 Funktionsschema und Parameter der Funktion DEADBAND im Kanal der Regeldifferenz

4.3.2 Überwachung der Regeldifferenz auf Grenzwerte (ER_ALARM)

Anwendung

Zu große Abweichungen der Regelgröße vom eingestellten Sollwert können unerwünschte Prozesszustände hervorrufen. In diesen Fällen wird die Funktion ER_ALARM eingesetzt, um die Regeldifferenz auf Über-/Unterschreitung des zulässigen Betriebsbereiches zu überwachen. ER_ALARM erfasst und meldet evtl. auftretende Grenzüberschreitungen, damit eine sinnvolle Reaktion ausgelöst werden kann.

Die Funktion ER_ALARM

Die Funktion ER_ALARM überwacht die Größe der Regeldifferenz ER(t) auf vier vorgebbare Grenzen in zwei Toleranzbändern. Werden die Grenzen erreicht oder Überschritten, meldet die Funktion zunächst ”Warnung” und an der zweiten Grenze ”Alarm”.

Die Zahlenwerte der Grenzen werden an den Eingangsparametern für ”Warnung” und ”Alarm” eingestellt (Bild 4-28). Überschreitet bzw. unterschreitet die Regeldifferenz (ER) diese Grenzen, dann werden die zugehörigen Ausgangsmeldebits QERN_ALM ... QERP_ALM gesetzt.

Um bei geringfügigen Änderungen der Eingangsgröße oder bei Rundungsfehlern ein ”Flackern” der Meldebits zu vermeiden, wird eine Hysterese (Rückschaltdifferenz) ER_HYS eingestellt. Diese Hysterese muss die Regeldifferenz überwinden, bevor die Meldungen rückgesetzt werden.

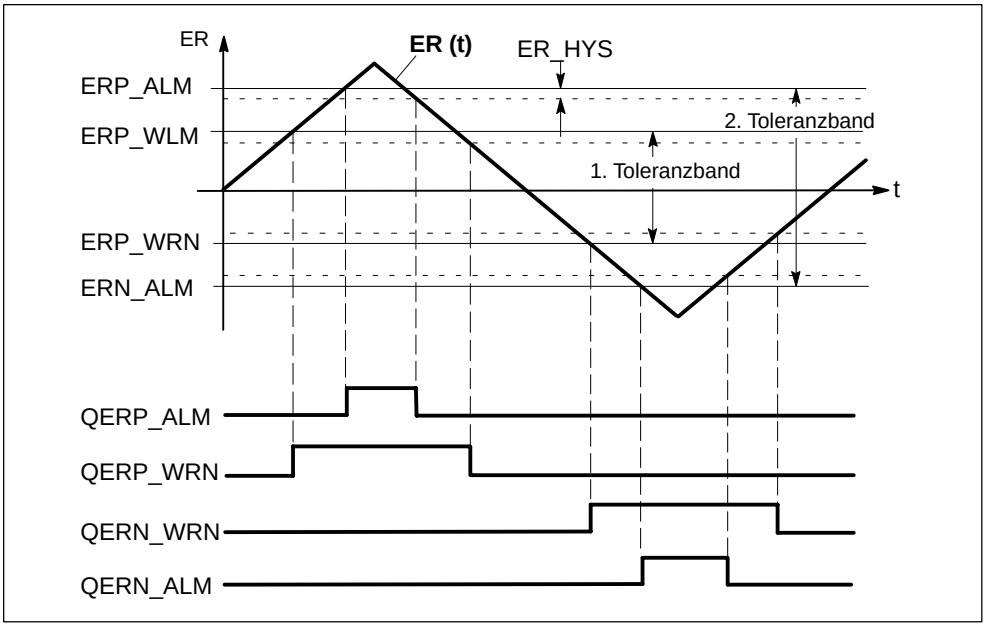


Bild 4-27 Überwachung der Regeldifferenz ER auf Grenzwertüber-/-unterschreitung

Anlauf und Betriebsweise

- Bei Neustart werden alle Meldeausgänge nullgesetzt.
- Die Grenzwertmeldung arbeitet entsprechend den folgenden Funktionen:

QERP_ ALM	QERP_ WRN	QERN_ WRN	QERN_ ALM	wenn:	und:
TRUE	TRUE	FALSE	FALSE	ER ↗ ER ↘	ER ≥ ERP_ALM ER ≥ ERP_ALM – ER_HYS
FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	ER ↗ ER ↘	ER ≥ ERP_WRN ER ≥ ERP_WRN – ER_HYS
FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	ER ↘ ER ↗	ER ≤ ERN_WRN ER ≤ ERN_WRN + ER_HYS
FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	ER ↘ ER ↗	ER ≤ ER_ALM ER ≤ ERN_ALM + ER_HYS

Für ein sinnvolles Arbeiten des Bausteins muss gelten:

ERN_ALM < ERN_WRN < ERP_WRN < ERP_ALM

Parameter der Funktion ER_ALARM

Die Funktion ER_ALARM zur Überwachung der Regeldifferenz kann nicht abgeschaltet werden. Bei der Konfiguration der Regelung ist deshalb besonders auf die Grenzwerteinstellung zu achten. Andernfalls werden Grenzüberschreitungen gemäß den voreingestellten Parametern (Bild 4-28) gemeldet.

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
ERP_ALM	Oberer ER-Grenzwert 'Alarm'	≥ 0.0, techn. Wertebereich
ERP_WRN	Oberer ER-Grenzwert 'Warnung'	≥ 0.0, techn. Wertebereich
ERN_WRN	Unterer ER-Grenzwert 'Warnung'	≤ 0.0, techn. Wertebereich
ERN_ALM	Unterer ER-Grenzwert 'Alarm'	≤ 0.0, techn. Wertebereich

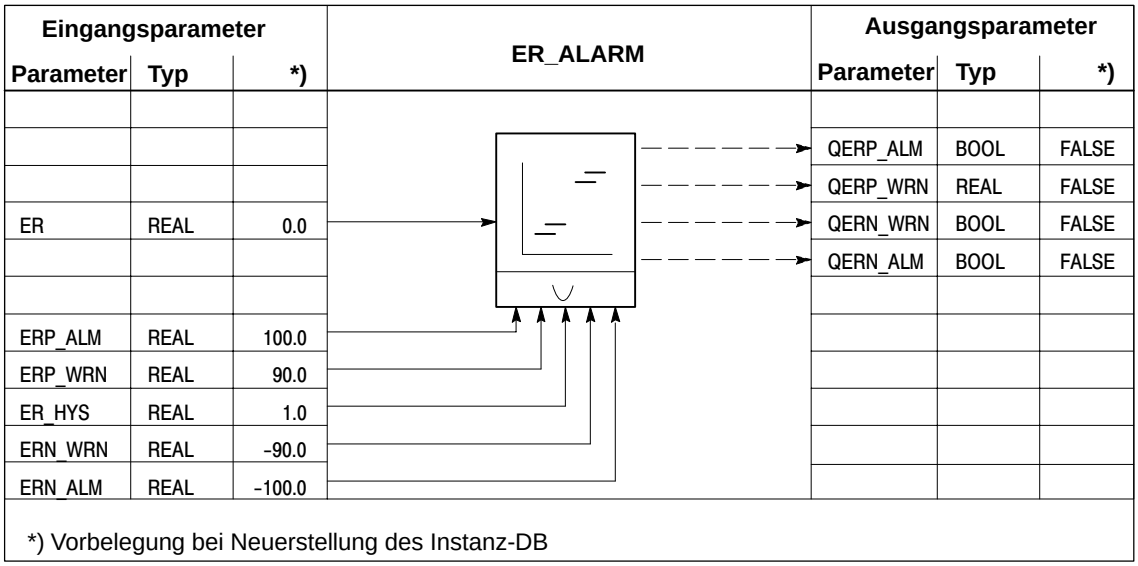


Bild 4-28 Funktionsschema und Parameter der Grenzwertüberwachung der Regeldifferenz ER

4.4 Die PID-Reglerfunktionen

Normierung der Eingangsgrößen ER und PV

Die Eingangsgrößen ER und PV des PID-Reglers werden vor der Reglerbearbeitung normiert auf den Bereich 0 bis 100 gemäß folgenden Formeln:

- bei ausgeschalteter Wurzelfunktion (SQRT_ON = FALSE):
  - $ER_{normiert}$ = ER * 100.0 / (NM_PVHR – NM_PVLR)
  - $PV_{normiert}$ = (PV – NM_PVLR) * 100.0 / (NM_PVHR – NM_PVLR)
- bei eingeschalteter Wurzelfunktion (SQRT_ON = TRUE):
  - $ER_{normiert}$ = ER * 100.0 / (SQRT_HR – SQRT_LR)
  - $PV_{normiert}$ = (PV – SQRT_LR) * 100.0 / (SQRT_HR – SQRT_LR)

Diese Normierung wird durchgeführt, damit der Verstärkungsfaktor GAIN des PID-Reglers dimensionslos eingegeben werden kann. Bei einer Änderung der Ober- und Untergrenze des Physikalischen Messbereichs (z. B. von bar auf mbar) muss somit der Verstärkungsfaktor nicht geändert werden.

Die normierten Eingangsgrößen $ER_{normiert}$ und $PV_{normiert}$ sind nicht beobachtbar.

Regelalgorithmus und Reglerstruktur

Im Zyklus der projektierten Abtastzeit wird die Stellgröße des kontinuierlich arbeitenden Reglers aus der Regeldifferenz im PID-Stellungsalgorithmus errechnet. Der Regler ist in reiner Parallelstruktur ausgeführt (Bild 4-29). Der Proportional-, Integral- oder Differentialanteil kann jeweils einzeln abgeschaltet werden.

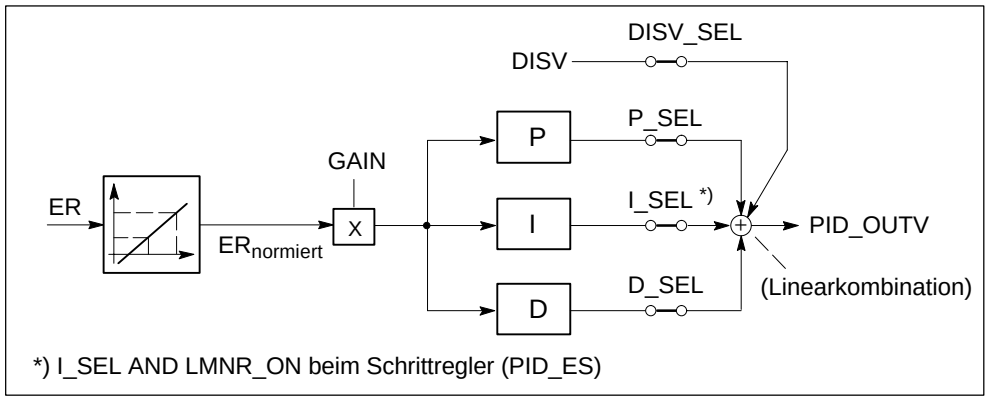


Bild 4-29 Regelalgorithmus von Standard PID Control (Parallelstruktur)

Störgrößenaufschaltung:

Dem Ausgangssignal des Reglers PID_OUTV kann zusätzlich eine Störgröße **DISV** aufgeschaltet werden. Die Zu- bzw. Abschaltung erfolgt im PID-Fenster des Konfigurationswerkzeugs über den Strukturschalter DISV_SEL bzw. durch ”Störgröße ein” .

PD_Anteil in der Rückführung:

In der Parallelstruktur erhält jeder Anteil des Regelalgorithmus die Regeldifferenz als Eingangssignal. In dieser Struktur wirken Sollwertsprünge direkt auf den Regler. Die Stellgröße wird über den P- und den D-Anteil durch Sollwertsprünge unmittelbar beeinflusst. Eine andere Struktur des Reglers jedoch, bei der die Bildung des P- und des D-Anteils in die Rückführung verlegt wird, garantiert bei Sprungänderungen der Führungsgröße einen stoßfreien Verlauf der Stellgröße (Bild 4-30). In dieser Struktur verarbeitet der I-Anteil die Regeldifferenz als Eingangssignal, auf den P- und den D-Anteil wird nur die **negative** Regelgröße (Faktor = –1) aufgeschaltet.

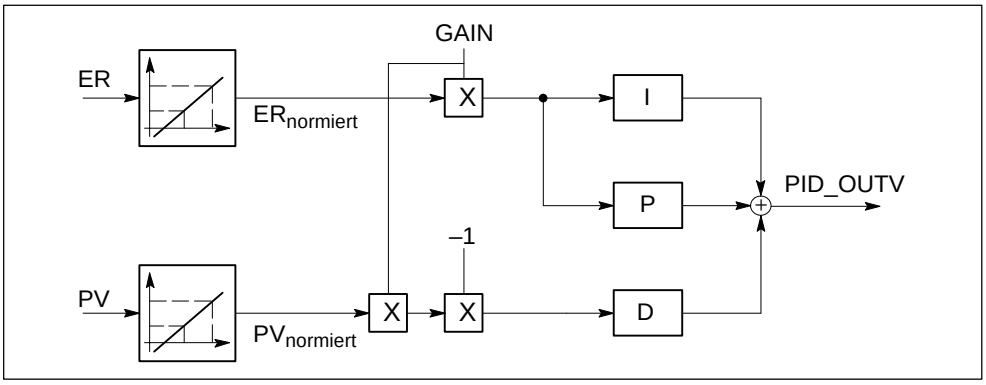


Bild 4-30 Regelalgorithmus mit P- und D-Anteil im Rückführzweig

Festlegen der Reglerstruktur

Um eine wirksame Reglerstruktur festzulegen, stehen insgesamt fünf Schalter (Tabelle 4-3). Die Einstellung dieser Strukturschalter erfolgt im Konfigurationswerkzeug durch Selektion der zu aktivierenden P-, I- und D-Wirkung und zwar für P und D wahlweise auch im Rückführzweig. Dies geschieht nach Selektion des PID-Reglerblocks (Blockschaltbild) im Bedienfenster ”PID”.

Tabelle 4-3 Festlegen der Reglerstruktur

Schalter / Betriebsart	P_SEL	I_SEL *)	D_SEL	PFDB_SEL	DFDB_SEL
P-Regelung	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
P-Regelung (P in Rückführung)	TRUE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE
PI-Regelung	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
PI-Regelung (P in Rückführung)	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
PD-Regelung	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE
PD-Regelung (P in Rückführung)	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE	TRUE
PID-Regelung	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE
PID-Regelung (P/D in Rückführung)	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE

*) Beim Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung (PID_ES mit LMNR_ON = FALSE) ist der I-Anteil im PID-Algorithmus auf Null gesetzt.

Reversierung der Reglerwirkung

Die **Reversierung,** d. h. die Umstellung des Reglers von der Zuordnung

- steigende Regelgröße PV(t) → fallende Stellgröße PID_OUTV(t) auf
- steigende Regelgröße PV(t) → steigende Stellgröße PID_OUTV(t)

wird durch Einstellung eines negativen Proportionalbeiwertes am Parameter GAIN vorgenommen. Das Vorzeichen dieses Parameterwertes bestimmt die Wirkungsrichtung des kontinuierlichen Reglers.

P-Regelung

Beim P-Regler sind der I- und der D-Anteil abgeschaltet. (I_SEL und D_SEL = FALSE). Das bedeutet, dass bei Regeldifferenz ER = 0 auch das Ausgangssignal OUTV = 0 ist. Soll ein Arbeitspunkt ≠ 0, d. h. ein Zahlenwert für das Ausgangssignal bei Regeldifferenz Null eingestellt werden, so ist der I-Zweig zu aktivieren (Bild 4-31).

Im I-Anteil lässt sich über entsprechende Einstellung des Initialisierungswertes I_ITLVAL ein Arbeitspunkt ≠ 0 für den P-Regler vorgeben. Setzen Sie dazu die Schalter 'I_ITL_ON' und 'I_SEL' = TRUE.

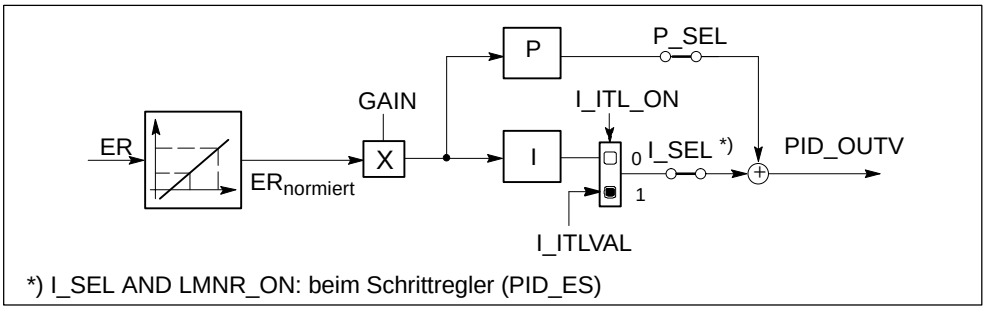


Bild 4-31 P-Regler mit Arbeitspunkteinstellung

Die Sprungantwort des P-Reglers im Zeitbereich ist:
PID_OUTV (t) = I_ITLVAL + GAIN * ER $_{normiert}$ (t)

Darin ist:

PID_OUTV(t)	die Stellgröße bei Automatikbetrieb des Reglers
I_ITLVAL	der Arbeitspunkt des P-Reglers
GAIN	die Reglerverstärkung
ER $_{normiert}$ (t)	die normierte Regeldifferenz

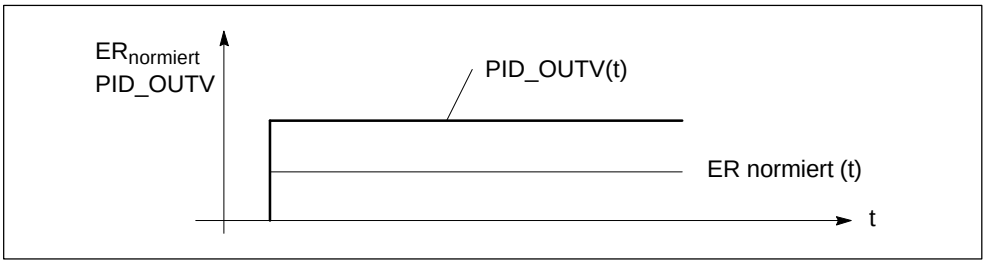


Bild 4-32 Sprungantwort des P-Reglers

PI-Regelung

Beim PI-Regler ist der D-Anteil abgeschaltet. (D_SEL = FALSE). Ein PI-Regler verstellt über den I-Anteil die Ausgangsgröße PID_OUTV so lange, bis die Regeldifferenz ER = 0 geworden ist. Das gilt jedoch nur, wenn die Ausgangsgröße dabei die Grenzen des Stellbereiches nicht überschreitet.

Die Sprungantwort im Zeitbereich (Bild 4-33) ist:

$$PID\_OUTV(t) = GAIN * ER_{normiert}(0)\left(1 + \frac{1}{TI} * t\right)$$

Darin bedeutet:

PID_OUTV(t)	die Stellgröße bei Automatikbetrieb des Reglers
GAIN	die Reglerverstärkung
$ER_{normiert}(0)$	die Sprunghöhe der normierten Regeldifferenz
TI	Integrationszeitkonstante

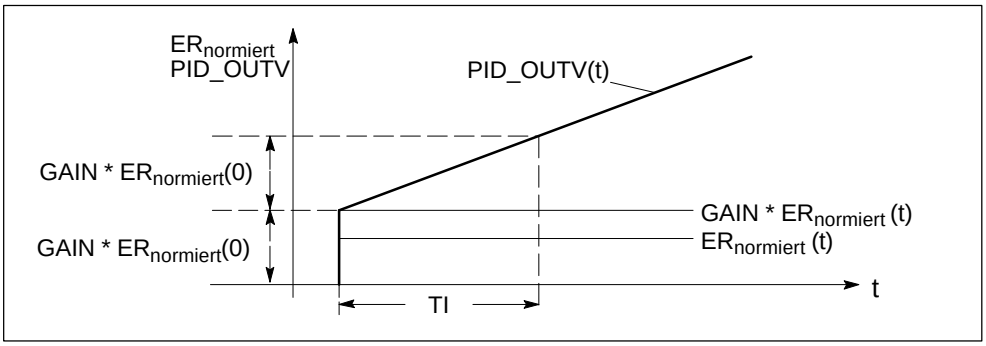


Bild 4-33 Sprungantwort des PI-Reglers

Um ”stoßfrei” vom Handbetrieb in den Automatikbetrieb des PI-Reglers umzuschalten, wird das Ausgangssignal LMNFC_IN – LMN_P – DISV bei Beeinflussung der Stellgröße von Hand auf den internen Speicher des Integrierers geschaltet (Bild 4-34). Beim Schrittregler mit Stellungsrückmeldung wird der Integrator auf das Ausgangssignal LMN nachgeführt.

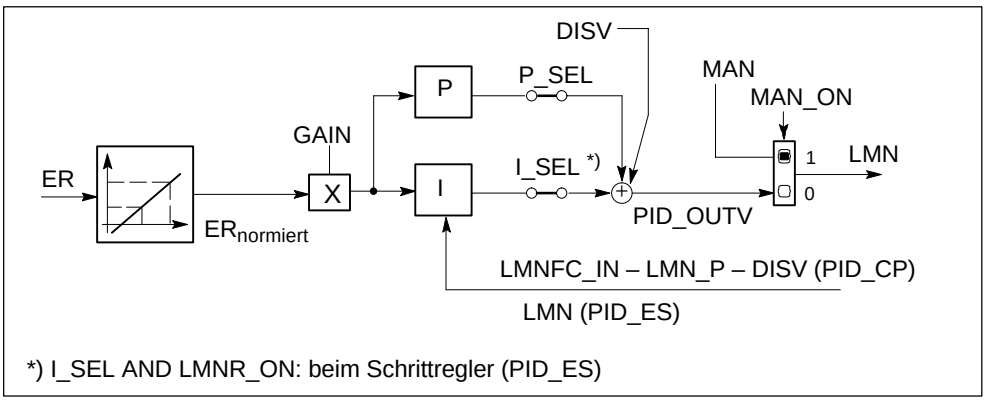


Bild 4-34 PI-Regler mit stoßfreier Umschaltung Hand- → Automatikbetrieb

Schalten Sie den P-Anteil über P-SEL ab, um eine reine I-Regelung zu realisieren.

PD-Regelung

Beim PD-Regler ist der I-Anteil abgeschaltet (I-SEL = FALSE). Das bedeutet, dass bei Regeldifferenz ER = 0 auch das Ausgangssignal OUTV = 0 ist. Soll ein Arbeitspunkt ≠ 0, d. h. ein Zahlenwert für das Ausgangssignal bei Regeldifferenz Null eingestellt werden, so muss der I-Zweig aktiviert werden (Bild 4-31).

Im I-Anteil lässt sich über entsprechende Einstellung des Initialisierungswertes I_ITLVAL ein Arbeitspunkt ≠ 0 für den PD-Regler vorgeben. Dazu sind die Schalter 'I_ITL_ON' und 'I_SEL' auf TRUE zu setzen.

Der PD-Regler bildet die Eingangsgröße ER(t) proportional auf das Ausgangssignal ab und addiert den durch Differentiation von ER(t) gebildeten D-Anteil dazu, der nach der Trapezregel (Padé-Näherung) doppeltgenau berechnet wird. Das Zeitverhalten wird durch die Differentiationszeitkonstante (Vorhaltzeit) TD bestimmt.

Zur Signalglättung und Unterdrückung von Störsignalen ist eine Verzögerung 1. Ordnung (einstellbare Zeit: TM_LAG) in den Algorithmus zur Bildung des D-Anteils integriert. Meist genügt ein kleiner Wert für TM_LAG, um den gewünschten Erfolg zu erzielen. Wird TM_LAG ≤ CYCLE/2 parametriert, dann ist die Verzögerung abgeschaltet.

Die Sprungantwort im Zeitbereich (Bild 4-35) ist:

$$\text{PID\_OUTV}(t) = \text{GAIN} * \text{ER}_{\text{normiert}}(0)\left(1 + \frac{\text{TD}}{\text{TM\_LAG}} * e^{-\frac{t}{\text{TM\_LAG}}}\right)$$

Darin bedeutet:

PID_OUTV(t)	die Stellgröße bei Automatikbetrieb des Reglers
GAIN	die Reglerverstärkung
$\text{ER}_{\text{normiert}}(0)$	die Sprunghöhe der normierten Regeldifferenz
TD	Differentiationszeit
TM_LAG	Verzögerungszeit

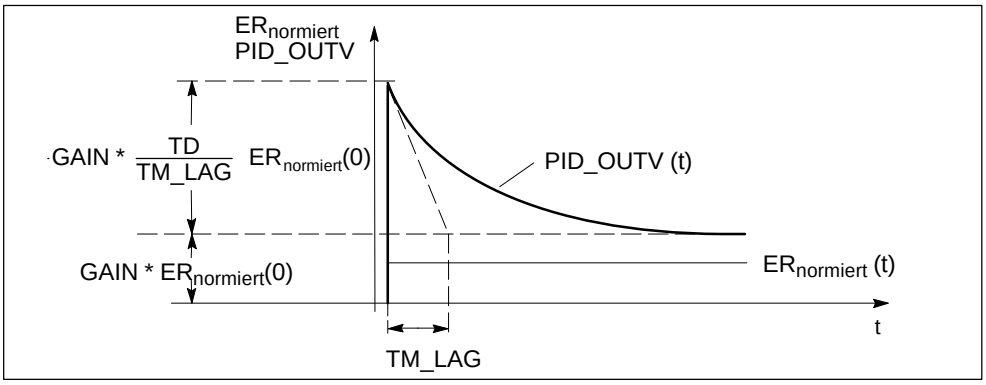


Bild 4-35 Sprungantwort des PD-Reglers

PID-Regelung

Beim PID-Regler sind der P-, I- und D-Anteil eingeschaltet (P-SEL = TRUE, I-SEL = TRUE, D_SEL = TRUE). Ein PID-Regler verstellt die Ausgangsgröße PID_OUTV über den I-Anteil so lange, bis die Regeldifferenz ER = 0 geworden ist. Das gilt jedoch nur, wenn die Ausgangsgröße dabei die Grenzen des Stellbereiches nicht überschreitet. Werden Stellwertbegrenzungen überschritten, behält der I-Anteil den an der Grenze erreichten Wert bei (Anti Reset Wind-up).

Der PID-Regler bildet die normierte Eingangsgröße $ER_{normiert}(t)$ proportional auf das Ausgangssignal ab und addiert die durch Differentiation und Integration von $ER_{normiert}(t)$ gebildeten Anteile dazu, die nach der Trapezregel (Padé-Näherung) doppeltgenau berechnet werden. Das Zeitverhalten wird durch die Differentiationszeit (Vorhaltzeit) TD und die Integrationszeit (Nachstellzeit) TI bestimmt.

Zur Signalglättung und Unterdrückung von Störsignalen ist eine Verzögerung 1. Ordnung (einstellbare Zeitkonstante: TM_LAG) in den Algorithmus zur Bildung des D-Anteils integriert. Meist genügt ein kleiner Wert für TM_LAG, um den gewünschten Erfolg zu erzielen. Wird TM_LAG ≤ CYCLE/2 parametriert, dann ist die Verzögerung abgeschaltet.

Die Sprungantwort im Zeitbereich (Bild 4-36) ist:

$$PID\_OUTV(t) = GAIN * ER_{normiert}(0)\left(1 + \frac{1}{TI} * t + \frac{TD}{TM\_LAG} * e^{-\frac{t}{TM\_LAG}}\right)$$

Darin bedeutet:

PID_OUTV(t)	die Stellgröße bei Automatikbetrieb des Reglers
$ER_{normiert}(0)$	die Sprunghöhe der normierten Regeldifferenz
GAIN	die Reglerverstärkung (= GAIN)
TI	Integrationszeit
TD	Differentiationszeit
TM_LAG	Verzögerungszeit

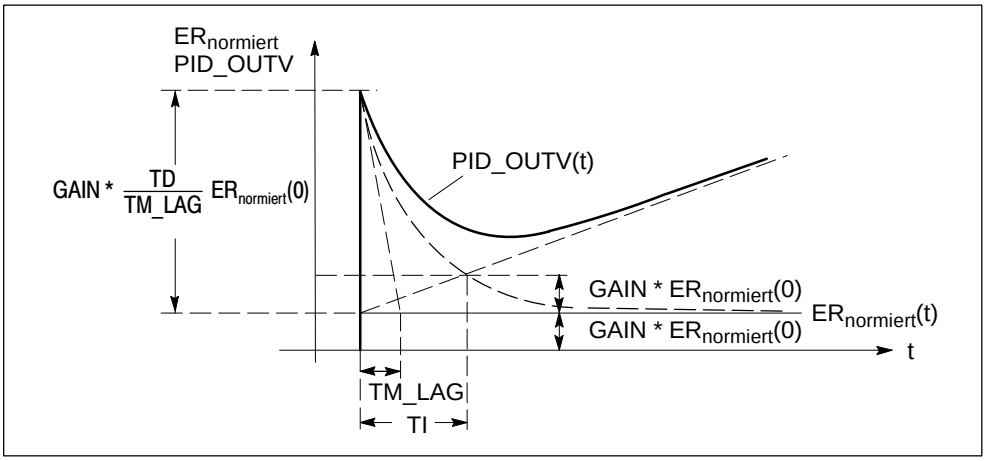


Bild 4-36 Sprungantwort des PID-Reglers

Hinweis

Bei einer Änderung von TD sollten Sie auch TM_LAG entsprechend anpassen.

Empfehlung: $5 \leq (TM / TM\_LAG) \leq 10$

Einsatz und Parametrierung des PID-Reglers

Die meisten der in der Verfahrens- und Prozessindustrie vorkommenden Regelstrecken lassen sich mit der PI-/PID-Reglerfunktion von Standard PID Control regeln. Nur in Spezialfällen sind zusätzliche Methoden und Maßnahmen zur Beherrschung der betreffenden Regelung erforderlich (*siehe Kapitel 1.2*, weitere S7-Softwarepakete für Regelungsaufgaben).

Ein großes praktisches Problem ist jedoch nach wie vor die Parametrierung des PI-/PID-Reglers, d. h. die ”richtigen” Einstellwerte für die Reglerparameter zu finden. Die Qualität dieser Parametrierung ist von ausschlaggebender Bedeutung für die aufgabengemäße Wirkung der PID-Regelung und erfordert entweder große praktische Erfahrung, Spezialkenntnisse oder einen hohen Zeitaufwand.

Mit dem **Konfigurationswerkzeug** entfallen jedoch die genannten Schwierigkeiten. Die darin enthaltene Funktion **PID-Regler optimieren** ermöglicht die Ersteinstellung der Reglerparameter durch adaptive Inbetriebnahme. Hierbei wird nach einer Streckenidentifikation das Prozessmodell ermittelt und anschließend daraus möglichst günstige (optimale) Einstellwerte für die Reglerparameter errechnet. Dieser weitgehend automatische Vorgang enthebt den Anwender der lästigen Aufgabe, den installierten PID-Regler online von Hand zu ”trimmen”.

4.5 Signalverarbeitung im PID-Regleralgorithmus

4.5.1 Integrierer (INT)

Anwendung

Die Funktion des Integrierers wird in Standard-Reglern für PI- und PID-Regelungen zur Bildung des I-Anteils eingesetzt. Die Integratorwirkung in diesen Reglern sorgt dafür, dass durch Nachstellung des Arbeitspunktes die Regeldifferenz für beliebige Werte der Stellgröße zu 0 werden kann.

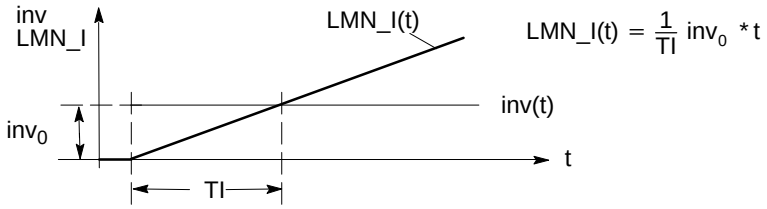
Die Funktion INT

Die Integrier-Funktion erzeugt ein Ausgangssignal, dessen Änderungsgeschwindigkeit sich proportional zur Änderung des Absolutwertes der Eingangsgröße verhält. Das Zeitverhalten wird durch die Integrationszeitkonstante (Nachstellzeit) TI bestimmt.

Die Übertragungsfunktion im Zeitbereich ist:

$$OUTV(t) = \frac{1}{TI} \int inv(t)\, dt$$

Die Sprungantwort auf einen Eingangssprung inv_0 ist:



Darin bedeutet:

LMN_I(t)	die Ausgangsgröße des Integrierers
inv_0	die Sprunghöhe am Integriereingang
TI	Integrationszeitkonstante

Zulässige Bereiche für TI und CYCLE

Wegen der begrenzten Genauigkeit der in der CPU errechneten REAL-Zahlen kann beim Integrieren folgender Effekt auftreten: wurde die Abtastzeit CYCLE der Regelung im Vergleich zur Integrationszeit TI zu klein gewählt und ist der Eingangswert inv des Integrierers gegenüber seinem Ausgangswert OUTV klein, dann spricht der Integrierer nicht an und bleibt auf seinem momentanen Ausgangswert stehen.

Dieser Effekt lässt sich vermeiden, wenn bei der Parametrierung folgende Dimensionierungsregel beachtet wird:

$$CYCLE > 10^{-4} * TI$$

Damit reagiert der Integrierer noch auf Änderungen der Eingangswerte, die im Bereich von millionstel Promille der aktuellen Ausgangsgröße liegen:

$$inv > 10^{-10} * OUTV$$

Damit das Übertragungsverhalten des Integrier-Algorithmus dem analogen Verhalten entspricht, sollte die Abtastzeit kleiner als 20 % der eingestellten Integrationszeit sein bzw. TI mindestens den fünffachen Wert der gewählten Abtastzeit haben:

$$CYCLE < 0{,}2 * TI$$

Der Algorithmus lässt Werte für die Abtastzeit bis $CYCLE \leq 0{,}5 * TI$ zu.

Anlauf und Betriebsarten

- **I-Anteil vorbelegen**

  Wird I_ITL_ON = TRUE aktiviert, dann wird der Vorbelegungswert I_ITLVAL auf den Ausgang durchgeschaltet. Beim Übergang in den Normalbetrieb durch zurücksetzen von I_ITL_ON = FALSE beginnt der Integrierer von I_ITLVAL aus mit der Integration seiner Eingangsgröße (Bild 4-37).

  – Kontinuierlicher Regler PID_CP

    Im Handbetrieb wird der I-Anteil des Reglers so nachgeführt, dass der Regler bei der Umschaltung auf Automatikbetrieb mit einer sinnvollen Stellgröße beginnt. Folgende Einstellungen sind wählbar:

    Stoßfreie Umschaltung von Hand nach Automatik:
    Mit SMOO_CHG = TRUE (Voreinstellung) wird der I-Anteil im Handbetrieb so gesetzt, dass die Stellgröße bei der Hand-Automatik-Umschaltung zunächst unverändert bleibt. Eine anstehende Regelabweichung wird langsam ausgeregelt.

    Keine stoßfreie Umschaltung von Hand nach Automatik:
    Mit SMOO_CHG = FALSE wird der I-Anteil im Handbetrieb so gesetzt, dass die Stellgröße bei der Hand-Automatik-Umschaltung ausgehend vom Handstellwert einen Sprung (durch den P- und D-Anteil) macht. Die Sprunghöhe entspricht der Stellgrößenänderung bei einem Sollwertsprung vom aktuellen Istwert auf den aktuellen Sollwert. Die anstehende Regelabweichung wird schneller ausgeregelt. Dies ist z. B. bei Temperaturregelstrecken wünschenswert.

    Ist jedoch der P-Anteil in die Rückführung gelegt (PFDB_SEL = TRUE), dann wirkt nur der Istwert auf den P-Anteil. Die Stellgröße macht daher – wie auch bei einem Sollwertsprung - bei einer Hand-Automatik-Umschaltung keinen Sprung durch den P-Anteil; die Umschaltung ist stoßfrei. Das gleiche gilt auch für den D-Anteil, falls dieser in die Rückführung gelegt wurde (DFDB_SEL = TRUE).

  – Schrittregler PID_ES

    Der I-Anteil wird im Handbetrieb so gesetzt, dass das Stellglied bei der Hand-Automatik-Umschaltung ausgehend von der aktuellen Stellung um die Sprunghöhe des P-Anteils verfahren wird. Die Sprunghöhe des P-Anteils entspricht der Stellgrößenänderung bei einem Sollwertsprung vom aktuellen Istwert auf den aktuellen Sollwert. Ist jedoch der P-Anteil in die Rückführung gelegt (PFDB_SEL = TRUE), dann wirkt nur der Istwert auf den P-Anteil. Die Stellgröße macht daher – wie auch bei einem Sollwertsprung – bei einer Hand-Automatik-Umschaltung keinen Sprung durch den P-Anteil; die Umschaltung ist stoßfrei. Der D-Anteil wird im Handbetrieb auf Null gesetzt und bleibt auch bei der Hand-Automatik-Umschaltung Null.

- **Handbetrieb**

  Bei Handbeeinflussung des Stellsignals, d. h. wenn MAN_ON, LMNOP_ON oder CAS_ON = TRUE, wird der interne Speicherwert des Integrierers dem Wert LMNFC_IN – LMN_P – DISV nachgeführt (Bild 4-34). Beim Schrittregler mit Stellungsrückmeldung (PID_ES) wird der Integrator auf das Ausgangssignal LMN nachgeführt.

- **Integrator anhalten**

  Über die Binäreingänge INT_HPOS und INT_HNEG kann der Integrierer in positive bzw. negative Richtung blockiert werden. Dies kann sinnvoll sein bei Reglerkaskaden. Gerät z. B. die Stellgröße des Folgereglers in die obere Begrenzung, kann somit eine weitere Vergrößerung der Stellgröße des Führungsreglers durch dessen Integrator verhindert werden. Sie realisieren dies durch die folgenden Anweisungen:

AWL	**Erläuterung**
U "Folgeregler".QLMN_HLM	
= "Fuehrungsregler".INT_HPOS	
U "Folgeregler".QLMN_LLM	
= "Fuehrungsregler".INT_HNEG	

- **Integrieren**

  Ist der Schalter I_SEL = TRUE gesetzt, dann ist der Integrierbetrieb ausgehend vom Wert I_ITLVAL aktiviert. Das dynamische Verhalten der Funktion wird durch den Wert der Integrationszeitkonstante TI bestimmt.

  Im ausgeschalteten Zustand (I_SEL = FALSE) wird der I_Anteil, d. h. der interne Speicher und der Ausgang LMN_I des Integrators auf Null gesetzt.

Schalter / **Betriebsart**	**I_ITL_ON**	**MAN_ON** oder **LMNOP_ON**	**INT_HPOS**	**INT_HNEG**
I_Anteil (LMN_I) vorbelegen	TRUE	beliebig	beliebig	beliebig
Handbetrieb	FALSE	TRUE	beliebig	beliebig
Integrator in pos. Richtung blockieren	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE
Integrator in neg. Richtung blockieren	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE
Integrator in beide Richtungen blockieren	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE
Integrieren	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE

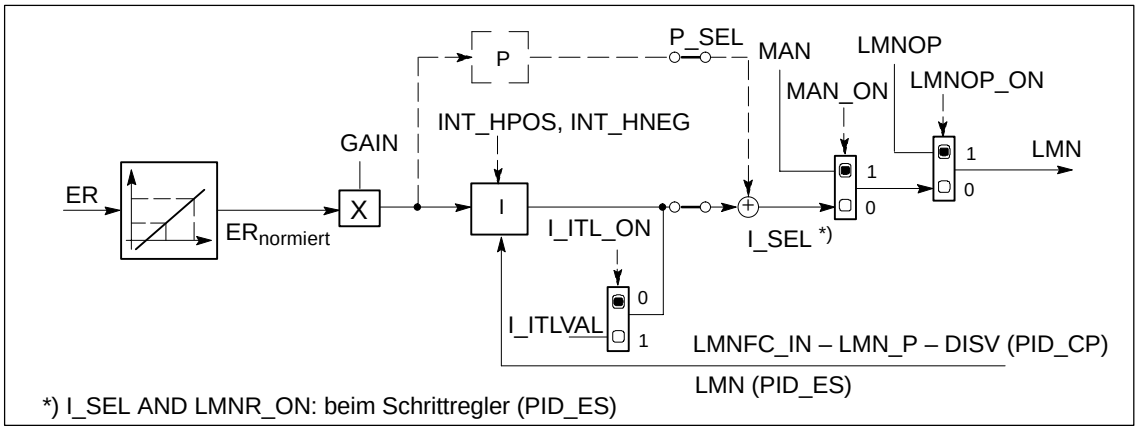


Bild 4-37 Betriebsarten des Integrierers im PI-/PID-Regler

Begrenzungsverhalten

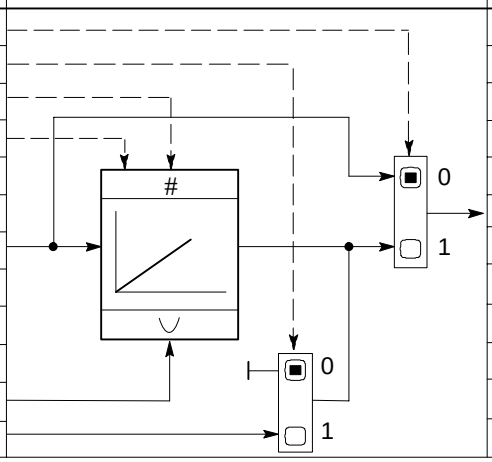
Der Ausgang und der Speicher des Integrierers wird durch die obere und untere Begrenzung LMN_HLM und LMN_LLM begrenzt (Anti Reset Wind-up).

Parameter der Funktion INT

Der Ausgangswert OUTV des Integrierers ist am Parameter LMN_I zu beobachten.

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
TI	Integrationszeit	≥ 5 * CYCLE
I_ITLVAL	Initialisierungswert für I-Anteil	–100.0 bis +100.0 [%]

Eingangsparameter			INT	Ausgang		
Parameter	Typ	*)		Signal	Typ	*)
I_SEL	BOOL	FALSE				
I_ITL_ON	BOOL	FALSE				
INT_HPOS	BOOL	FALSE				
INT_HNEG	BOOL	FALSE				
				LMN_I	REAL	0.0
inv	REAL	0.0				
TI	TIME	T#20s				
I_ITLVAL	REAL	0.0				



*) Funktionsschema und Parameter des Integrierers

Bild 4-38 Funktionsschema und Parameter des Integrierers

4.5.2 Differenzierer (DIF)

Anwendung

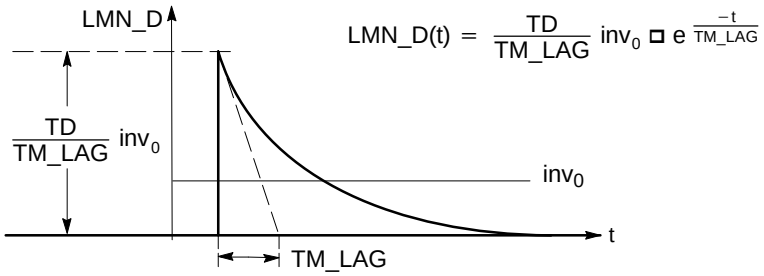
Die Funktion des Differenzierers wird eingesetzt, um den D-Anteils in Standard-Reglern für PD- und PID-Regelungen zu bilden. Die Regelgröße wird dynamisch differenziert.

Die Funktion DIF

Die Differenzier-Funktion erzeugt ein Ausgangssignal, dessen Größe sich proportional zur Änderungsgeschwindigkeit der Eingangsgröße ändert. Das Zeitverhalten wird durch die Differenzierzeitkonstante (Vorhaltzeit) TD und die Verzögerungszeit des Differenzierers TM_LAG bestimmt.

Zur Signalglättung und Unterdrückung von Störsignalen ist eine Verzögerung 1. Ordnung integriert, deren Zeitkonstante am Parameter TM_LAG eingestellt wird.

Die Sprungantwort auf einen Eingangssprung inv_0 ist:



Darin bedeutet:

LMN_D(t)	die Ausgangsgröße des Differenzierers
inv_0	die Sprunghöhe am Differenziereingang
TD	Differenzierzeitkonstante
TM_LAG	Verzögerungszeitkonstante

Zulässige Bereiche für TD und CYCLE

Damit der Differenzierer bzw. sein Berechnungsalgorithmus in der CPU korrekt arbeiten können, müssen bezüglich der zulässigen Einstellbreiche bei der Parametrierung der Zeitkonstanten folgende Bedingungen eingehalten werden:

TD ≥ CYCLE und
TM_LAG ≥ 0,5 * CYCLE

Ist für TD ein Wert < CYCLE eingestellt, dann arbeitet der Differenzierer so, als würde TD den Wert CYCLE haben.

Ist für TM_LAG ein Wert < 0,5 * CYCLE eingestellt, dann arbeitet der Differenzierer ohne Verzögerung. Ein Eingangssprung wird dann mit dem Faktor TD/CYCLE multipliziert und dieser Wert als ”Nadelimpuls” auf den Ausgang gegeben. Das heißt im folgenden Bearbeitungszyklus wird LMN_D wieder auf Null zurückgenommen.

Anlauf und Betriebsarten

- **Handbetrieb**

  Wenn eine stoßfreie Umschaltung von Hand nach Automatik gewählt wurde (SMOO_CHG = TRUE), dann wird der D-Anteil im Handbetrieb auf Null gesetzt. Die Umschaltung auf Automatik erfolgt ohne Stellgrößensprung.

  Wenn keine stoßfreie Umschaltung von Hand nach Automatik gewählt wurde (SMOO_CHG = FALSE), dann wird der D-Anteil im Handbetrieb auf einen Wert gesetzt, der der anstehenden Regeldifferenz entspricht. Die Umschaltung auf Automatik erfolgt mit Stellgrößensprung, die Regeldifferenz wird schneller ausgeregelt.

- **Differenzieren**

  Ist der Schalter D_SEL = TRUE gesetzt, dann ist der Differenzierbetrieb aktiviert. Das dynamische Verhalten der Funktion wird durch den Wert der Differenzierzeitkonstante TD und der Verzögerungszeit TM_LAG bestimmt.

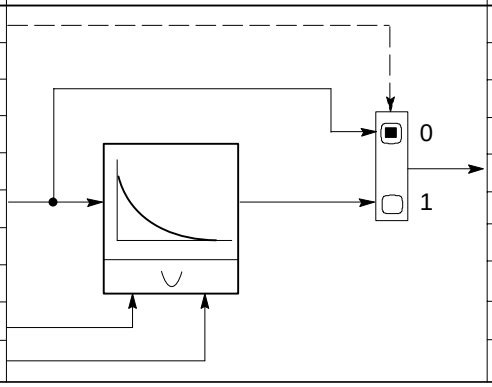
  Im ausgeschalteten Zustand (D_SEL = FALSE) wird der D_Anteil, d. h. der interne Speicher und der Ausgang LMN_D des Differenzierers nullgesetzt.

Schalter / **Betriebsart**	**MAN_ON** oder **LMNOP_ON**
Handbetrieb	TRUE
Differenzieren	FALSE

Parameter der Funktion DIF

Der Ausgangswert des Differenzierers ist am Parameter LMN_D zu beobachten.

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
TD	Differenzierzeit	≥ CYCLE
TM_LAG	Verzögerungszeit des D-Anteils	≥ 0,5 * CYCLE

Eingangsparameter			**DIF**	**Ausgang**		
Parameter	**Typ**	***)**		**Signal**	**Typ**	***)**
D_SEL	BOOL	FALSE				
				LMN_D	REAL	0.0
inv	REAL	0.0				
TD	TIME	T#10s				
TM_LAG	TIME	T#2s				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung

Bild 4-39 Funktionsschema und Parameter des Differenzierers

Der kontinuierliche Regler (PID_CP) 5

5.1 Regelfunktionen des kontinuierlichen PID-Reglers

Der Funktionsbaustein PID_CP

Neben den Funktionen im Soll- und Istwertzeig realisiert der Funktionsbaustein (FB) einen fertigen PID-Regler mit kontinuierlichem Stellgrößen-Ausgang und Beeinflussungsmöglichkeit des Stellwertes von Hand. Teilfunktionen lassen sich zu- oder abschalten.

Mit dem FB haben Sie die Möglichkeit, technische Prozesse und Anlagen mit kontinuierlichen Ein- und Ausgangsgrößen auf den Automatisierungssystemen SIMATIC S7 zu regeln. Der Regler kann als Festwertregler einzeln oder auch in mehrschleifigen Regelungen als Kaskaden-, Mischungs- oder Verhältnisregler eingesetzt werden.

Funktionsschema des kontinuierlichen Reglers

Die Arbeitsweise basiert auf dem PID-Regelalgorithmus des Abtastreglers mit analogem Ausgangssignal, gegebenenfalls um eine Impulsformerstufe zur Bildung von pulsbreitenmodulierten Ausgangssignalen für Zwei- oder Dreipunktregelungen mit proportionalen Stellgliedern ergänzt.

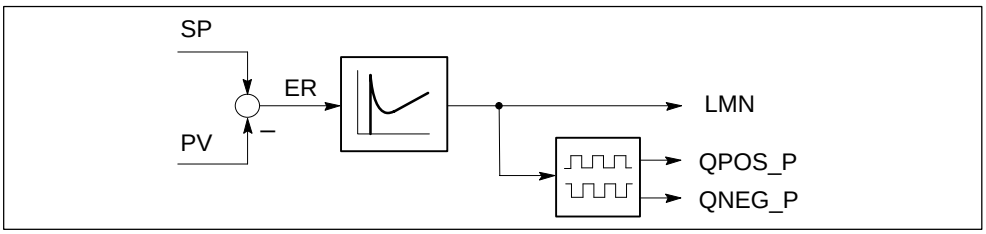


Bild 5-1 Funktionsschema des Reglers mit kontinuierlichem Stellsignal (Softwarepaket ”Standard PID Control”)

Neustart/Wiederanlauf

Der FB PID_CP verfügt über eine Initialisierungsroutine, die durchlaufen wird, wenn der Eingangs-Parameter COM_RST = TRUE gesetzt ist.

Zeitplangeber (RMP_SOAK)

Bei eingeschaltetem Zeitplangeber werden die Zeitabschnitte DB_NBR PI[0 ... NBR_PTS].TMV zwischen den Stützpunkten aufsummiert und am Ausgang die Gesamtzeit T_TM und Gesamtrestzeit RT_TM angezeigt.

Bei Online-Änderungen von PI[n].TMV oder bei Vorgabe von TM_CONT und TM_SNBR ändern sich Gesamtzeit und Gesamtrestzeit der Fahrkurve. Da die Berechnung von T_TM und RS_TM bei vielen Stützpunkten die Bearbeitungszeit der Funktion RMP_SOAK stark vergrößert, wird diese Berechnung nur nach Neustart oder bei TUPDT_ON = TRUE durchgeführt.

Integrierer (INT)

Der Integrierer wird beim Anlauf auf den Initialisierungswert I_ITLVAL gesetzt und der I-Anteil am Ausgang LMN_I ausgegeben. Beim Aufruf in einer Weckalarmebene arbeitet er von diesem Wert aus weiter. Alle anderen Ausgänge werden auf ihre Vorbelegungswerte gesetzt.

5.2 Signalverarbeitung der Stellgröße

5.2.1 Betriebsarten der Stellsignalbildung

Handbetrieb und Betriebsarten-Umschaltung

Bei Standard PID Control gibt es neben der Betriebsart ”Automatik” mit auf den Ausgang durchgeschaltetem Ausgang des PID-Algorithmus (PID_OUTV) die zwei Betriebsarten, bei denen das Stellsignal manuell beeinflusst werden kann: ”Handbetrieb ohne Schalterbedienung” und ”Handbetrieb über Mehr-/Weniger-Schalter” (MAN_GEN).

Über den Parameter MAN kann eine externe Stellgrößenbeeinflussung aufgeschaltet oder vom Anwenderprogramm aus vorgegeben werden. Der Eingangswert MAN wird auf die Stellgrößenbegrenzungen LMN_HLM (obere) und LMN_LLM (untere) begrenzt.

Die Struktur der Handwert-Erzeugung und -Aufschaltung geht aus Bild 5-2 hervor. Beim Einschalten von MAN_GEN aus einer anderen Betriebsart wird der momentan wirksame Stellwert am Ausgang von MAN_GEN übernommen. Die Umschaltung zum Handwertgenerator ist damit immer stoßfrei.

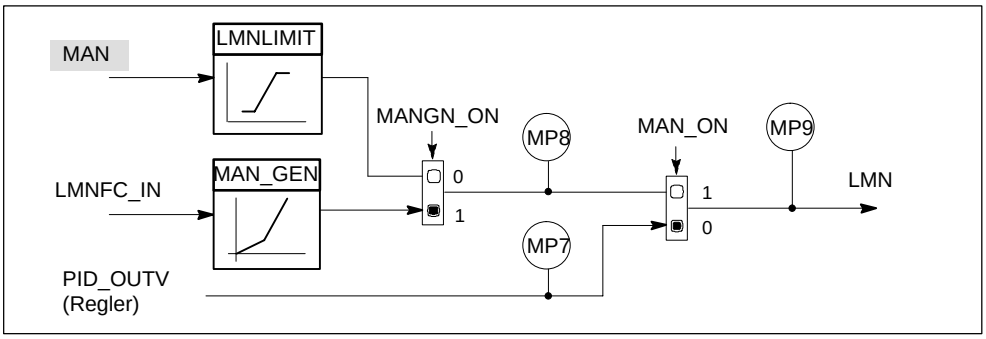


Bild 5-2 Handwert-Erzeugung bei Standard PID Control

Automatikbetrieb

Ist MAN_ON = FALSE (Blockschaltbild im Konfigurationswerkzeug) gewählt, dann wird der Stellwert des PID-Algorithmus auf den Ausgang durchgeschaltet. Im Handbetrieb (MAN_ON = TRUE) wird der I-Anteil des Reglers so nachgeführt, dass der Regler bei der Umschaltung auf Automatikbetrieb mit einer sinnvollen Stellgröße beginnt (siehe “Anlauf und Betriebsarten” im Abschnitt 4.5.1). Der Ausgang des PID-Algorithmus ist am Messpunkt MP7 hinterlegt.

Im Automatikbetrieb wird der Handwert MAN der Stellgröße (abzüglich D-Anteil) nachgeführt. Bei der Umschaltung auf Handbetrieb bleibt die Stellgröße daher auf dem zuletzt berechneten Wert stehen. Sie kann per Bedienung verändert werden.

Handbetrieb ohne Schalterbedienung

In dieser Betriebsart (MANGN_ON = FALSE und MAN_ON = TRUE) wird der Handstellwert als Absolutwert am Eingang MAN eingegeben. Der Handstellwert wird am Messpunkt MP8 angezeigt.

Handbetrieb mit Schalterbedienung

In dieser Betriebsart (MANGN_ON = TRUE und MAN_ON = TRUE) wird der aktuelle Stellwert über die Schalter von MAN_GEN innerhalb der Stellgrößenbegrenzungen vergrößert oder verkleinert.

Schaltung der Betriebsarten

Folgende Tabelle zeigt die möglichen Betriebsarten des kontinuierlichen Reglers mit den erforderlichen Werten der strukturbestimmenden Schalter.

Tabelle 5-1 Betriebsarten des kontinuierlichen Reglers

Schalter / Betriebsart	MANGN_ON	MAN_ON
Automatikbetrieb	beliebig	FALSE
Handbetrieb ohne Schalterbedienung	FALSE	TRUE
Handbetrieb über Mehr-/Weniger-Schalter	TRUE	TRUE

5.2.2 Betriebsarten der Stellsignalbildung

Anwendung

Stellwertbeeinflussung von Hand mit Hilfe eines Mehr-/Weniger-Schalters. Der eingestellte Wert wird an MP8 simultan angezeigt.

Die Funktion MAN_GEN

Die Funktion MAN_GEN erzeugt einen Stellwert, der per Schalterbetrieb eingestellt und verändert werden kann. Über die Binäreingänge MANUP und MANDN lässt sich die Ausgangsgröße outv schrittweise vergrößern oder verkleinern.

Der Verstellbereich des Stellwertes wird durch die obere/untere Grenze LMN_HLM/LMN_LLM in der Begrenzungsfunktion LMNLIMIT eingeschränkt. Die Zahlenwerte der Grenzen (in Prozent) werden an den betreffenden Eingangsparametern eingestellt. Für eine feinstufige Änderung sollte der Regler eine Abtastzeit von maximal 100 ms haben.

Die Änderungsgeschwindigkeit der Ausgangsgröße hängt von der Betätigungsdauer von MANUP bzw. MANDN und von den eingestellten Begrenzungen nach folgender Beziehung ab: Während der ersten 3 s nach Setzen von MANUP bzw. MANDN ist:

$$\text{die Steigung von outv} = \frac{\text{LMN\_HLM} - \text{LMN\_LLM}}{100\ \text{s}}$$

$$\text{danach:} = \frac{\text{LMN\_HLM} - \text{LMN\_LLM}}{10\ \text{s}}$$

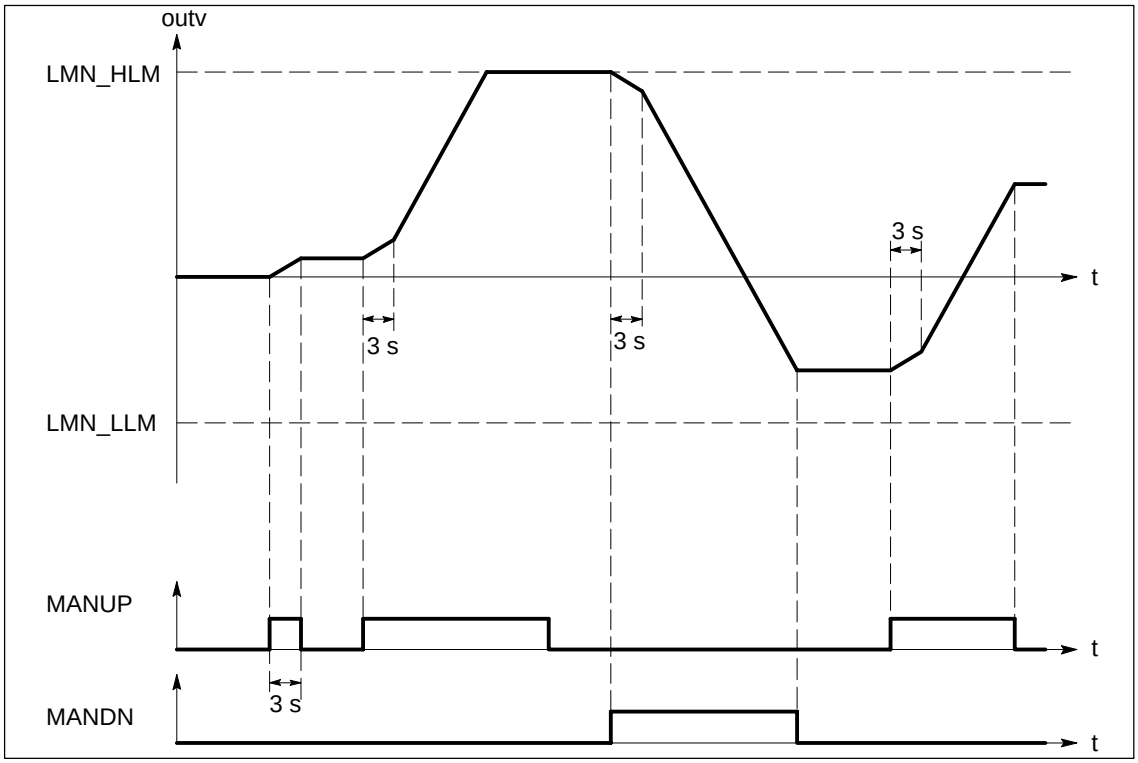


Bild 5-3 Änderung des Stellwertes in Abhängigkeit von den Schaltern MANUP und MANDN

Bei einer Abtastzeit von 100 ms und einem Stellwertbereich von –100,0 bis 100,0 Prozent ändert sich z. B. der Stellwert in den ersten drei Sekunden um 0,2 % pro Durchlauf. Bei längerer Tastung von MANUP geht die Änderungsgeschwindigkeit dann auf den zehnfachen Wert, hier also auf 2 % pro Durchlauf (Bild 5-3).

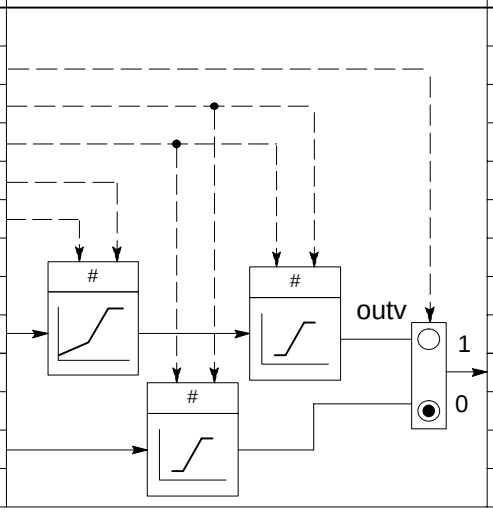
Anlauf und Betriebsweise des Stellwertgenerators

- Bei Neustart wird der Ausgang outv auf 0.0 zurückgesetzt.
- Schalten Sie den Stellwertgenerator (MANGN_ON = TRUE) ein, dann wird am Ausgang outv zunächst der Signalwert LMNFC_IN ausgegeben. Deshalb wird immer stoßfrei aus einer anderen Betriebsart zum Stellwertgenerator umgeschalten. Solange MANUP oder MANDN (Auf-/Ab-Tasten des Konfigurationswerkzeugs) nicht aktiviert werden, bleibt LMNFC_IN am Ausgang stehen.

Parameter der Funktion MAN_GEN

Der Ausgangsparameter outv ist ein impliziter Parameter. Er ist am Konfigurationswerkzeug über den Messpunkt MP8 zugänglich.

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
MAN	Hand-Stellwert	– 100.0 bis 100.0 [%]

Eingangsparameter			MAN_GEN	Ausgang		
Parameter	Typ	*)		Signal	Typ	*)
MANGN_ON	BOOL	FALSE		MP8	REAL	0.0
LMN_HLM	REAL	0.0				
LMN_LLM	REAL	0.0				
MANUP	BOOL	FALSE				
MANDN	BOOL	FALSE				
LMNFC_IN	REAL	0.0				
MAN	REAL	0.0				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 5-4 Funktionsschema und Parameter des Stellwertgenerators

5.2.3 FC-Aufruf im Stellgrößenzweig (LMNFC)

Anwendung

Fügen Sie eine anwenderspezifische Funktion in den Stellgrößenzweig ein, können Sie die im Regler gebildete Stellgröße PID_OUTV vor Aufschaltung auf den Ausgang des Reglers einer Signalbehandlung (z. B. einer Signalverzögerung) unterziehen.

Die Funktion LMNFC

Aktivieren Sie die Funktion LMNFC durch LMNFC_ON = TRUE, wird eine anwenderspezifische Funktion aufgerufen. Über den Parameter LMNFCNBR wird die Nummer der verwendeten FC eingegeben.

Der Regler führt einen Aufruf der Anwender-FC durch. Vorhandene Ein-/ Ausgangsparameter der Anwender-FC werden dabei nicht versorgt. Die Datenübertragung müssen Sie deshalb mit S7-AWL programmieren. Nachstehend dafür ein Beispiel:

AWL	Erläuterung

FUNCTION ”Anwender-FC”
VAR_TEMP
INV:REAL;
OUTV:REAL;
END_VAR
BEGIN
L ”Regler_DB”.LMNFC_IN
T #INV
//Anwenderfunktion OUTV=f(INV)
L #OUTV
T ”Regler_DB”.LMNFC_OUT
END_FUNCTION	

Der Wert von LMNFC_ON bestimmt, ob an dieser Stelle eine frei programmierte Funktion in Form einer Standard-FC (z. B. ein PT-Glied) in den Stellgrößenzweig eingefügt wird oder ob der Stellwert ohne eine derartige Beeinflussung weiterverarbeitet wird (Bild 2-15).

Gefahr

Der Baustein überprüft nicht, ob eine FC vorhanden ist. Ist die FC nicht vorhanden, dann geht die CPU mit einem internen Systemfehler in STOP.

Parameter der Funktion LMNFC

Der Eingangswert LMNFC_IN ist ein impliziter Parameter. Dieser ist am Konfigurationswerkzeug an LMNFC_IN bzw. über den Messpunkt **MP9** zu beobachten.

Der Ausgangswert outv ist ebenfalls ein impliziter Parameter und über das Konfigurationswerkzeug nicht beobachtbar (siehe Bild 2-15).

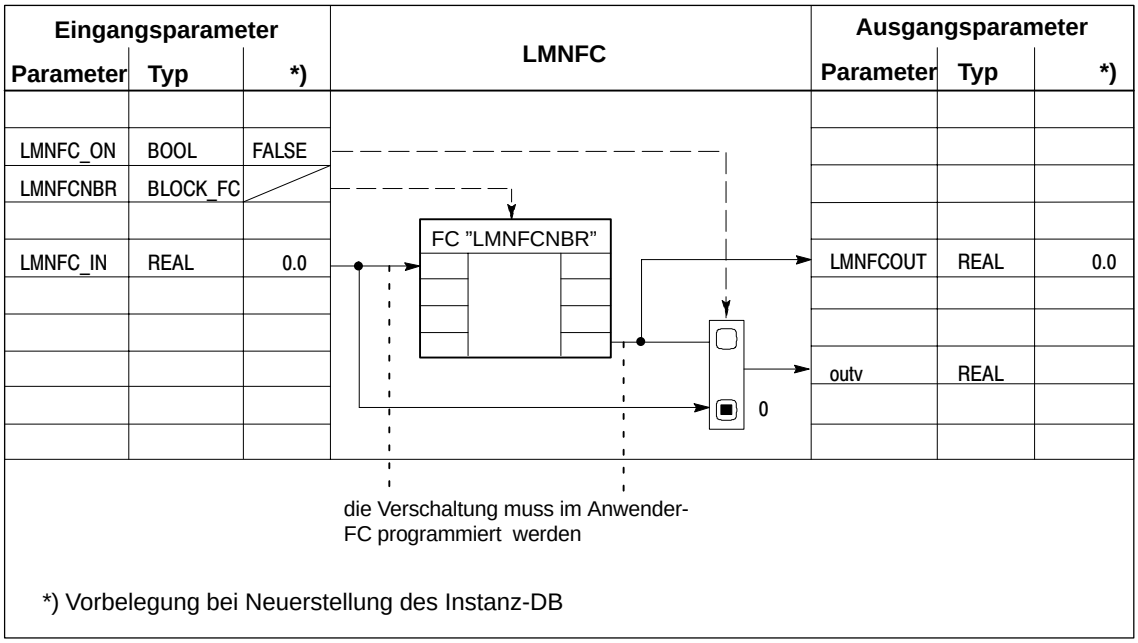


Bild 5-5 FC-Aufruf im Stellwertzweig

5.2.4 Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit des Stellwertes (LMN_ROC)

Anwendung

Rampenfunktionen im Stellgrößenzweig werden verwendet, wenn der Prozess keine sprungförmigen Änderungen des Streckeneingangssignals verträgt. Abrupte Änderungen des Stellwertes sind z. B. zu vermeiden, wenn zwischen geregeltem Motor und anzutreibender Last ein Getriebe zwischengeschaltet ist und ein zu schnelles Ansteigen der Motordrehzahl zu einer Überlastung des Getriebes führt.

Die Funktion LMN_ROC

Die Funktion LMN_ROC begrenzt, getrennt für den An- und Abstieg der Stellgröße, die Änderungsgeschwindigkeit der Stellwerte am Ausgang des Reglers. Für den gesamten Wertebereich sind, vom Nullpunkt aus gesehen, zwei Rampen mit steigenden oder fallenden Werten parametrierbar. Die Funktion ist eingeschaltet, wenn LMNRC_ON = TRUE.

An den beiden Eingängen LMN_URLM und LMN_DRLM werden die jeweiligen Begrenzungen für die Steigungen der Rampenfunktion im postiven und negativen Bereich der Stellgröße eingegeben. Die Steigungen beziehen sich auf einen Anstieg bzw. Abfall in Prozent pro Sekunde. Schnellere Stellwertänderungen werden auf diese Grenzgeschwindigkeiten verzögert.

Wird z. B. 'LMN_URLM' auf 10.0 [%/s] parametriert, so werden in jedem Abtastzyklus die folgenden Werte zum "Altwert" von outv addiert, und zwar solange |inv| > |outv| ist:

Abtastzeit	1 s	→	$outv_{alt}$ + 10 %
	100 ms	→	$outv_{alt}$ + 1 %
	10 ms	→	$outv_{alt}$ + 0,1 %

Bild 5-6 zeigt die Funktionsweise der Signalbehandlung. Aus Sprungfunktionen am Eingang inv (t) werden Rampenfunktionen am Ausgang outv (t).

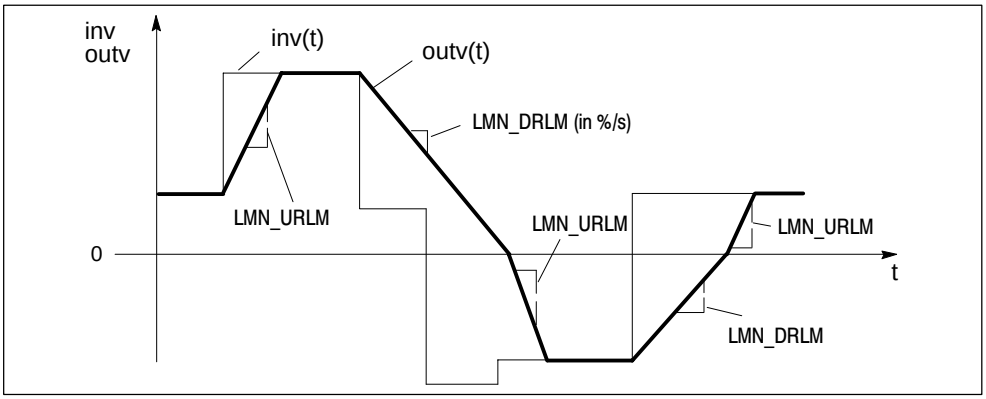


Bild 5-6 Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit der Stellgröße LMN (t)

Das Erreichen der Steigungsbegrenzungen wird nicht gemeldet!

Die Kennzeichnung der Rampen-Parameter erfolgt nach folgendem Schema:

Parameter	Rampe
LMN_URLM	|outv| steigend
LMN_DRLM	|outv| fallend

Parameter der Funktion LMN_ROC

Der Eingangswert inv und der Ausgangswert outv sind implizite Parameter. Sie sind am Konfigurationswerkzeug nicht zu beobachten (Bild 2-15).

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
LMN_URLM	Stellwert-Anstiegsbegrenzung	≥ 0 [%/s]
LMN_DRLM	Stellwert-Abstiegsbegrenzung	≥ 0 [%/s]

Die Steigungswerte (in % pro Sekunde) werden immer positiv eingegeben.

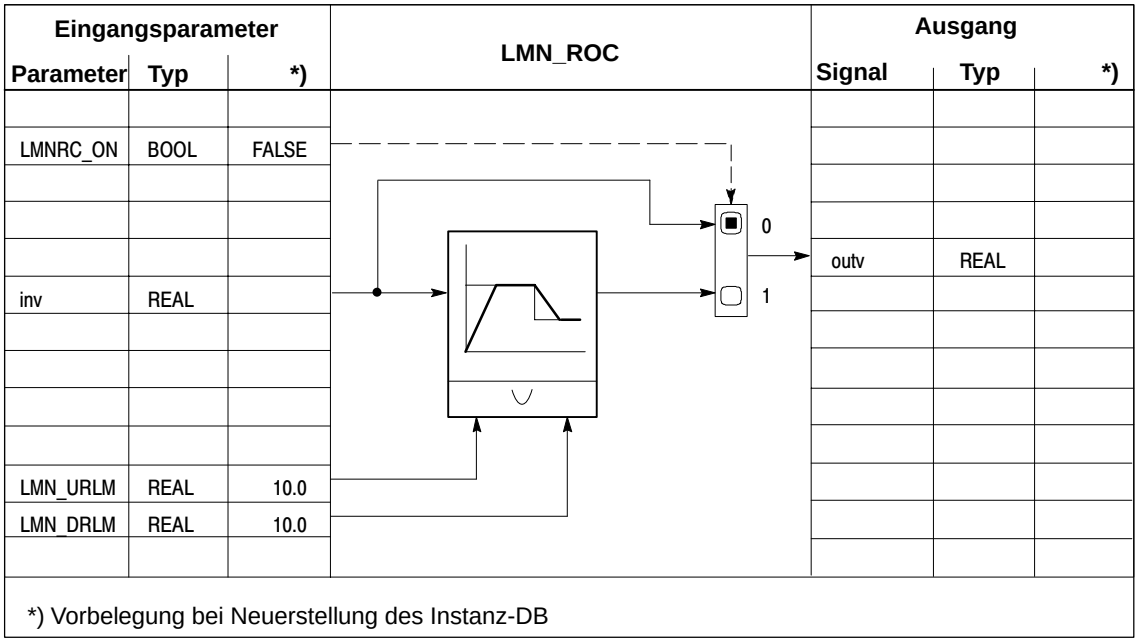


Bild 5-7 Funktionsschema und Parameter der Begrenzung der Stellgrößen-Änderungsgeschwindigkeit

5.2.5 Begrenzung des Absolutwertes der Stellgröße (LMNLIMIT)

Anwendung

Der Arbeitsbereich, d. h. der Bereich, in dem sich das Stellglied im Rahmen zulässiger Stellwerte bewegen kann, wird vom Einstellbereich der Stellwertes bestimmt. Da sich, abhängig von der Art des Stellgliedes, die Grenzen für erlaubte Stellwerte meist nicht mit der 0 %- oder der 100 %- Grenze des Stellbereiches decken, sind oft weitere Bereichseinschränkungen erforderlich.

Um im jeweiligen Prozess unzulässige Zustände zu vermeiden, wird im Stellwertzweig der Regelung der Einstellbereich für die Stellgröße nach oben und unten begrenzt.

Die Funktion LMNLIMIT

Die Funktion 'LMNLIMIT' begrenzt die Stellgröße LMN(t) auf den vorgebbaren unteren und oberen Wert LMN_HLM und LMN_LLM. Die Eingangsgröße inv muss jedoch außerhalb dieser Begrenzungen liegen. Da die Funktion nicht abgeschaltet werden kann, muss bei der Konfiguration immer die Angabe einer Unter- und Obergrenze berücksichtigt werden.

Die Zahlenwerte der Grenzen (in Prozent) werden an den Eingangsparametern für die untere und obere Begrenzung eingestellt. Bei Überschreitungen durch die Eingangsgröße inv(t) werden die zugehörigen Anzeigen über die Meldeausgänge (Bild 2-15) ausgegeben.

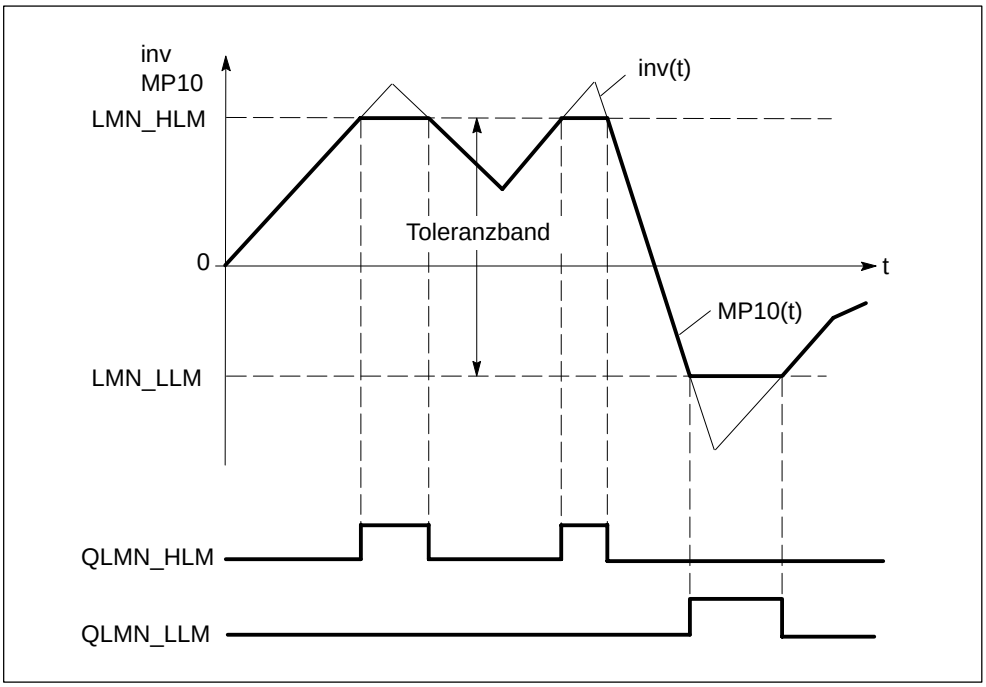


Bild 5-8 Absolutwertbegrenzung der Stellgröße LMN(t) = MP10 (t)

Anlauf und Betriebsweise

- Bei Neustart werden alle Meldeausgänge nullgesetzt.
- Die Begrenzung arbeitet gemäß folgenden Beziehungen:

LMN =	QLMN_HLM	QLMN_LLM	wenn:
LMN_HLM	TRUE	FALSE	inv ≥ LMN_HLM
LMN_LLM	FALSE	TRUE	inv ≤ LMN_LLM
inv	FALSE	FALSE	LMN_HLM < inv < LMN_LLM

Am Ausgang d. h. am Parameter LMN bzw. am Messpunkt MP10 wird der wirksame Stellwert der Regelung angezeigt.

Parameter der Funktion LMNLIMIT

Der Eingangswert inv ist ein impliziter Parameter. Er ist am Konfigurationswerkzeug nur über den Parameter LMNFC_IN oder über den Messpunkt **MP9** zugänglich.

Für ein sinnvolles Arbeiten der Begrenzungsfunktion muss gelten:

LMN_HLM > LMN_LLM

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
LMN_HLM	Obere Begrenzung der Stellgröße	LMN_LLM bis 100.0 [%]
LMN_LLM	Untere Begrenzung der Stellgröße	–100.0 bis LMN_HLM [%]

Eingangsparameter			LMNLIMIT	Ausgangsparameter		
Parameter	Typ	*)		Parameter	Typ	*)
				QLMN_HLM	BOOL	FALSE
inv	REAL	0.0		MP10	REAL	0.0
				QLMN_LLM	BOOL	FALSE
LMN_HLM	REAL	100.0				
LMN_LLM	REAL	0.0				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz–DB

Bild 5-9 Funktionsschema und Parameter der Absolutwert-Begrenzung des Stellwertes

5.2.6 Normierung der Stellgröße auf das Format einer physikalischen Größe (LMN_NORM)

Anwendung

Wird am Streckeneingang eine physikalische Größe als Stellgröße gefordert, dann müssen die Gleitpunktwerte im Bereich 0 bis 100 % auf den physikalischen Bereich (z. B. 150 bis 3000 U/min) der Stellgröße denormiert werden.

Die Funktion LMN_NORM

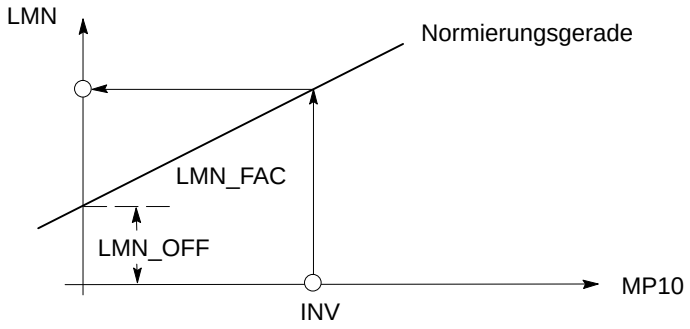
Die Funktion LMN_NORM denormiert die analoge Ausgangsgröße des Reglers. Es wird der analoge Stellwert an der Normierungsgeraden in die Ausgangsgröße LMN überführt. Der Ausgangswert ist am Konfigurationswerkzeug am Parameter **LMN** zu beobachten.

Zur eindeutigen Festlegung der Normierungsgeraden

interne Prozentwerte (im REAL-Format) ⇒ externe physikalische Werte

sind zwei Parameter zu definieren:

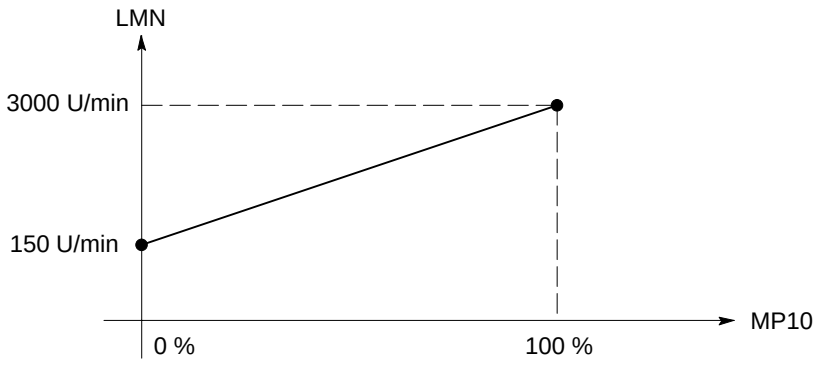
- der Faktor (für die Steigung): **LMN_FAC**
- der Offset der Normierungsgeraden im Nullpunkt: **LMN_OFF**



Der Normierungswert wird gemäß folgender Funktion aus dem jeweiligen Eingangswert MP10 berechnet:

LMN = MP10 * LMN_FAC + LMN_OFF

Für das oben genannte Beispiel gilt:



$$LMNFAC = \frac{(3000 - 150)U/min}{(100 - 0)\%} = 28,5\frac{U/min}{\%}$$

$$LMNOFF = 150U/min$$

Funktionsintern werden keine Werte begrenzt, eine Prüfung der Parameter findet nicht statt.

Parameter der Funktion LMN_NORM

Der Ausgang ist ein impliziter Parameter und am Konfigurationswerkzeug an **LMN** zu beobachten (Bild 2-15).

Um die Steigung der Abbildungsgeraden zur Denormierung auf die physikalische Größe am Ausgang LMN zu definieren, kann der Parameter LMN_FAC im gesamten technischen Wertebereich gewählt werden.

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
LMN_FAC	Stellwertfaktor (Steigung der Normierungsgeraden)	gesamter Wertebereich (dimensionslos)
LMN_OFF	Stellwert-Offset	techn. Wertebereich (physikalische Größe)

Eingangsparameter			LMN_NORM	Ausgang		
Parameter	Typ	*)		Signal	Typ	*)
MP10	REAL	0.0		LMN	REAL	0.0
LMN_FAC	REAL	1.0				
LMN_OFF	REAL	0.0				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 5-10 Funktionsschema und Parameter für die Stellwert-Normierung auf eine physikalische Größe

5.2.7 Stellwertausgabe im Peripherieformat (CRP_OUT)

Anwendung

Wird der Stellwert an eine Analogausgabebaugruppe übergeben, dann muss der im Gleitpunktformat (Prozentbereich) vorliegende Zahlenwert der internen Stellgröße auf den Zahlenwert des mit dem Ausgang LMN_PER verschalteten Datenwortes umgesetzt werden. Diese Aufgabe übernimmt die Funktion **CRP_OUT.**

Die Funktion CRP_OUT

Die Funktion CRP_OUT setzt den am Eingang LMN anliegenden Gleitpunktwert der Stellgröße in einen auf das Peripherieformat denormierten Wert um. Eine Prüfung auf positiven/negativen Überlauf und auf Erreichen des Über-/Untersteuerungsbereiches wird dabei nicht durchgeführt. Baugruppentypen werden nicht berücksichtigt.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über Bereiche und Zahlenwerte vor und nach der Bearbeitung durch den Umform- und Normierungsalgorithmus der Funktion CRP_OUT.

Stellwert LMN in %	Peripheriewert LMN_PER
118,515	32767
100,000	27648
0,003617	1
0,000	0
–0,003617	–1
–100,000	–27648
–118,519	–32768

Parameter der Funktion CRP_OUT

Der Eingangswert ist ein impliziter Parameter im Gleitpunktformat. Dieser ist am Konfigurationswerkzeug über den Ausgang LMN beobachtbar.

Eingangsparameter			CRP_OUT	Ausgangsparameter		
Parameter	Typ	*)		Parameter	Typ	*)
LMN	REAL	0.0	%	LMN_PER	WORD	W#16#0000

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 5-11 Funktionsschema und Parameter der Stellgrößen-Denormierung auf das Peripherieformat

5.2.8 Stellwertbeeinflussung über das Konfigurationswerkzeug

LMN-Anzeige und -Einstellung im Kreisbild

Das Konfigurationswerkzeug hat eine eigene Schnittstelle zum Regler-FB. Es ist deshalb jederzeit möglich, (z. B. zu Testzwecken von einem PG/PC aus auf dem das Konfigurationswerkzeug geladen ist) den Stellgrößenzweig zu unterbrechen und eigene Stellwerte LMN_OP vorzugeben (Bild 5-12).

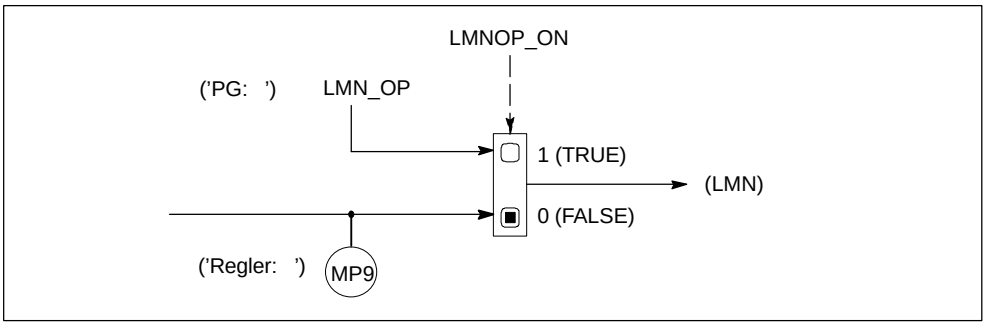


Bild 5-12 Eingriff in den Stellwertzweig über das Konfigurationswerkzeug

Im Fenster des **Kreisbildes** steht dafür – bezeichnet mit **Stellwert** – eines der drei identischen Bedienfelder zur Verfügung. Hier wird oben ('Regler: ') der aktuelle am Messpunkt MP9 anliegende Stellwert ausgegeben. Im Feld darunter ('PG: ') wird der Parameter LMN_OP angezeigt und bedient.

Umschalten auf Stellwertvorgabe durch das Konfigurationswerkzeug

Steht der Schalter im Konfigurationswerkzeug auf 'PG: ', dann wird im Regler-FB das Schaltsignal des Strukturschalters LMNOP_ON auf TRUE gesetzt und LMN_OP wird auf den Stellwert LMN durchgeschaltet.

Wenn im Stellgrößenzweig die Steigungsbegrenzung LMN_ROC eingeschaltet ist, kann stoßfrei zwischen den Schalterstellungen 'PG: ' und 'Regler: ' umgeschaltet werden. Der Wert, auf den zurückgeschaltet wird (MP9), kann im Anzeigefeld 'Regler: ' des **Kreisbildes** abgelesen werden. Nach Maßgabe der an LMN_ROC eingestellten Rampensteigung wird LMN danach auf diesen Wert zugeführt.

Diese Bedieneingriffe wirken erst dann auf den Prozess, wenn sie durch Betätigen der Taste 'Senden' im **Kreisbild** zum Automatisierungssystem übertragen werden.

5.3 Kontinuierliche Regler in Kaskadenschaltungen

Auftrennung der Reglerkaskade

In einer Kaskade stehen mehrere Regler direkt miteinander in Beziehung. Sie müssen daher Vorkehrungen treffen, damit nach Auftrennung der Kaskadenstruktur an einer beliebigen Stelle der Kaskadenbetrieb wieder problemlos aufgenommen werden kann.

In Kaskadenregelungen wird deshalb in den unterlagerten Reglern über eine Oder-Logik aus den Zustandssignalen der Schalter im Sollwert- und Stellgrößenzweig ein Signal QCAS gebildet. Dieses Signal betätigt in den überlagerten Reglern einen Schalter, der die Regler in den Nachführbetrieb überführt. Die Nachführgröße ist dabei immer der Sollwert des unterlagerten Kreises (Bild 5-13).

Die Umschaltung vom Nachführ- in den Automatikbetrieb erfolgt stoßfrei wie bei der Hand- Automatikumschaltung.

Der kontinuierliche Regler (PID_CP) kann in überlagerten Regelkreisen als Führungsregler und in unterlagerten Regelkreisen als Folgeregler eingesetzt werden.

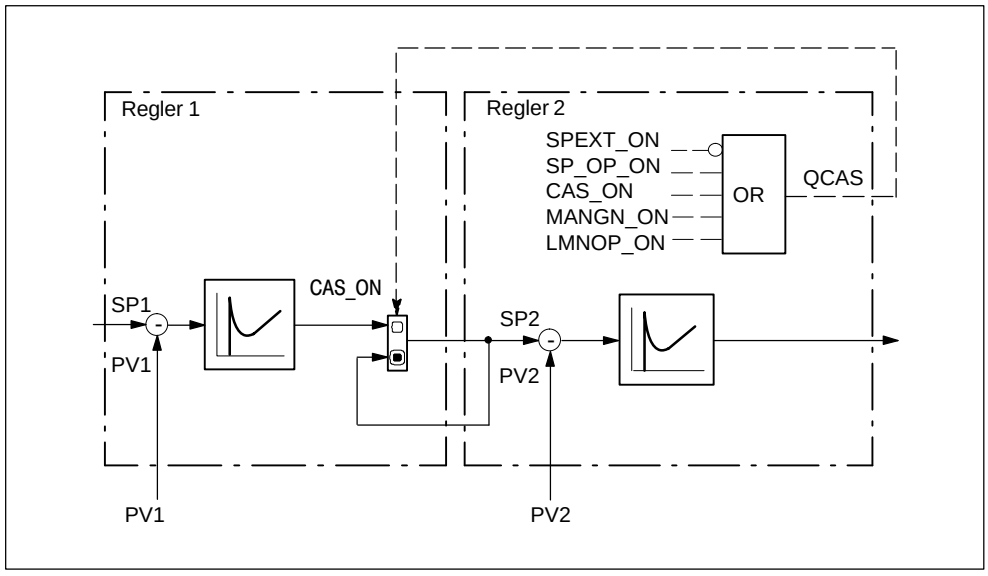


Bild 5-13 Zweischleifige Kaskadenregelung

Hinweis

Die Verschaltung vom Stellwert des Führungsreglers LMN muss immer auf den externen Sollwert SP_EXT des Folgereglers gehen.

Bausteinverschaltung

Nachstehendes Bild zeigt das Prinzip der Regler- bzw. Bausteinverschaltung in mehrschleifigen Kaskaden.

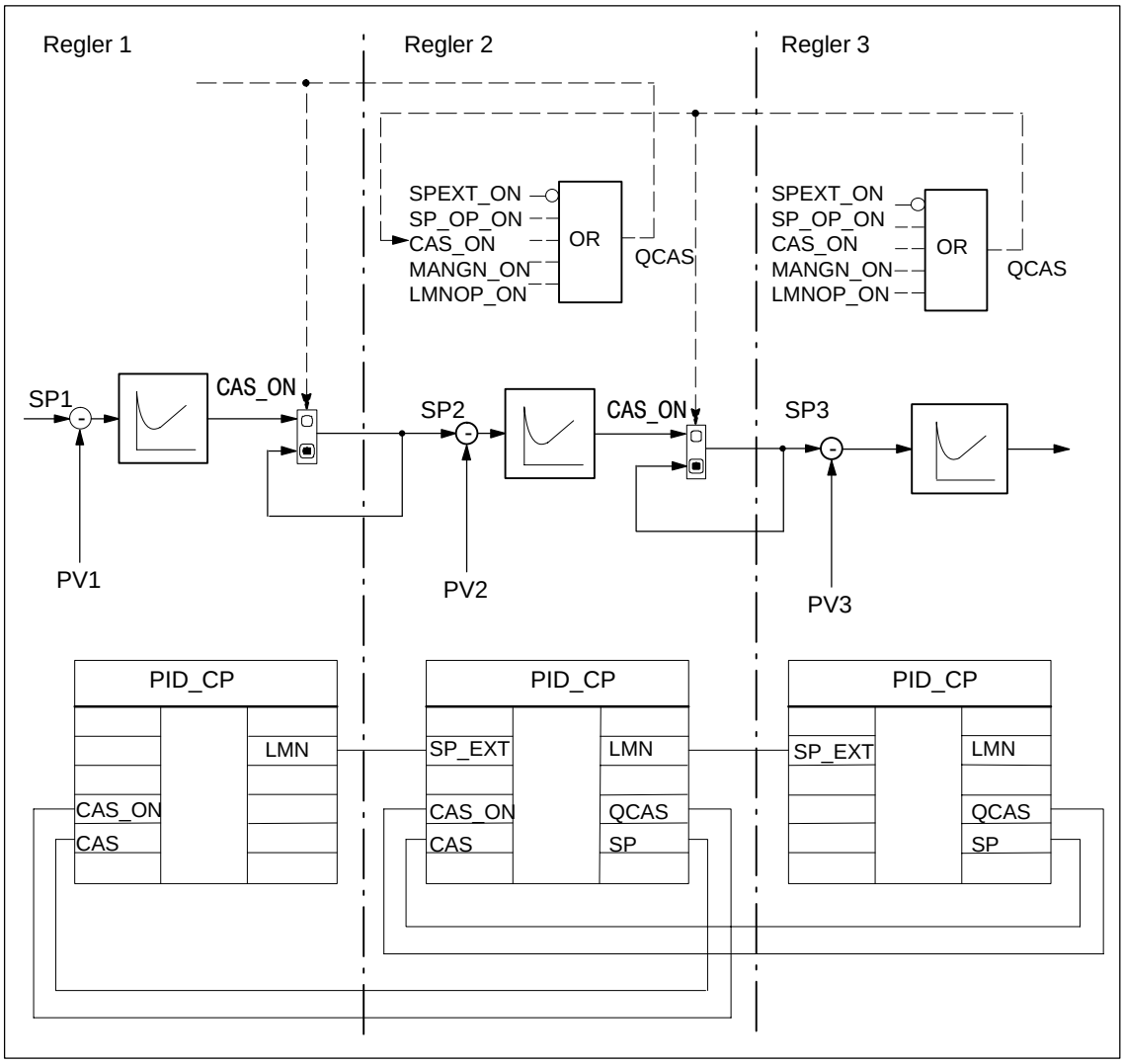


Bild 5-14 Verschaltung einer Kaskade mit zwei unterlagerten Regelkreisen

5.4 Impulsformerstufe (PULSEGEN)

Anwendung

Die Impulsformerstufe des Standard-FB “PID_CP” generiert die Impulsausgabe eines kontinuierlichen Reglers, um über Impulse bei Standard PID Control proportionale Stellglieder ansteuern zu können. Es lassen sich damit PID-Zweipunkt- und -Dreipunktregler mit Pulsbreitenmodulation aufbauen.

Der Impulsformer

Die Impulsformerstufe des Standard-FB “PIC_CP” transformiert die Eingangsgröße “Stellwert des PID-Reglers am Messpunkt MP10” durch Modulation der Impulsbreite in eine Impulsfolge mit konstanter Periodendauer, die in PER_TM parametriert werden muss.

Die Dauer eines Impulses pro Periodendauer ist proportional der Eingangsgröße. Dabei ist der durch PER_TM parametrierte Zyklus nicht identisch mit dem Bearbeitungszyklus des Impulsformers. Vielmehr setzt sich ein Zyklus ”PER_TM” aus mehreren Bearbeitungszyklen des Impulsformers zusammen, wobei die Anzahl der Impulsformeraufrufe pro PER_TM-Zyklus ein Maß für die Genauigkeit der Impulsbreite darstellt.

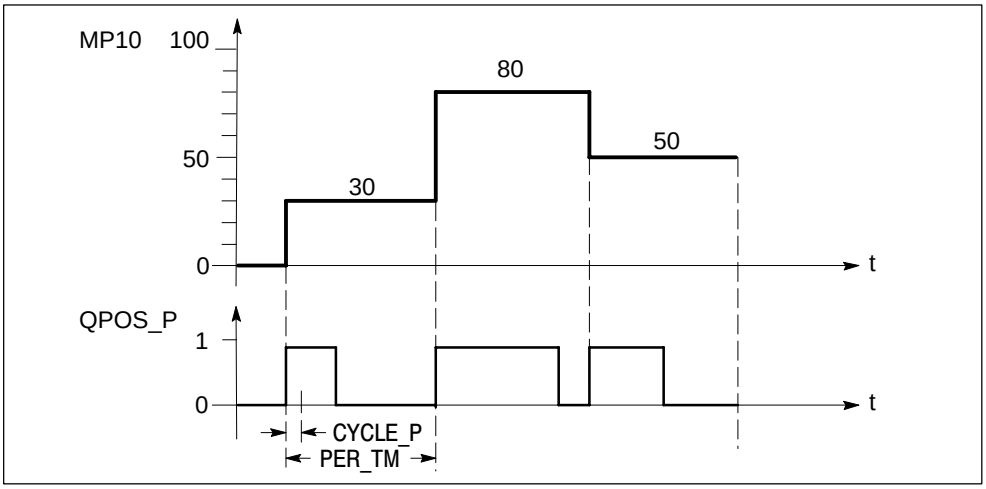


Bild 5-15 Impulsbreitenmodulation

Eine Eingangsgröße von 30 % und 10 Aufrufe des Impulsformers pro PER_TM bedeuten also:

- ”Eins” am Ausgang QPOS für die ersten drei Aufrufe des Impulsformers (30 % von 10 Aufrufen),
- ”Null” am Ausgang QPOS für sieben weitere Aufrufe des Impulsformers (70 % von 10 Aufrufen).

Reglerabtastzeit CYCLE und Impulsrasterbreite CYCLE_P

Wenn Sie die Impulsformerstufe eingeschaltet haben (PULSE_ON = TRUE), dann müssen Sie am Eingang CYCLE_P den Zeittakt des aufrufenden Weckalarm-OB vorgeben. Die Dauer des erzeugten Impulses beträgt stets ein ganzzahliges Vielfaches dieses Wertes.

Am Eingang CYCLE geben Sie die Abtastzeit für die übrigen Regelungsfunktionen des PID_CP vor. Der Funktionsbaustein PID_CP ermittelt die Zeituntersetzung und bearbeitet die Regelungsfunktionen mit der Abtastzeit CYCLE.

Dabei müssen Sie darauf achten, dass CYCLE ein ganzzahliges Vielfaches von CYCLE_P ist. Falls Sie diese Bedingung nicht einhalten, rundet der Funktionsbaustein PID_CP die Abtastzeit für die Regelungsfunktionen auf ein ganzzahliges Vielfaches von CYCLE_P auf. Die zeitabhängigen Funktionen (z. B. Glättung, Integration, Differentiation) arbeiten dann nicht ganz korrekt.

CYCLE kann kleiner gewählt werden als die Periodendauer PER_TM_P bzw. PER_TM_N. Dies ist dann sinnvoll, wenn einerseits eine möglichst große Periodendauer gewünscht wird, um die Stellglieder zu schonen, und andererseits die Abtastzeit aufgrund einer schnellen Regelstrecke klein sein muss.

Als sinnvoller Wert für die Abtastzeit CYCLE gilt wie beim kontinuierlichen Regler ohne Impulsformerstufe, dass CYCLE nicht kleiner werden darf als ca. 10% der dominierenden Streckenzeitkonstanten des geregelten Systems.

Beispiel für die Wirkung der Parameter CYCLE_P, CYCLE und PER_TM_P bzw. PER_TM_N:
PER_TM_P = 10 s, CYCLE = 1 s, CYCLE_P = 100 ms.

Jede Sekunde wird ein neuer Stellwert berechnet, alle 100 ms erfolgt der Vergleich des Stellwertes mit der bislang ausgegebenen Impulslänge bzw. Pausenlänge.

Wenn ein Impuls ausgegeben wird und der berechnete Stellwert größer ist als die bisherige Impulslänge / PER_TM_P, wird der Impuls verlängert. Andernfalls wird kein Impulssignal mehr ausgegeben. Wenn kein Impuls ausgegeben wird und (100% – berechneter Stellwert) größer ist als die bisherige Pausenlänge / PER_TM_P, wird die Pause verlängert. Andernfalls wird ein Impulssignal ausgegeben.

Aufgrund eines besonderen Verfahrens der Pulsformung bewirkt eine Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Stellgröße während der Periode eine Verlängerung bzw. Verkürzung des ausgegebenen Impulses. Ist in diesem Fall (CYCLE < PER_TM_P) die Periodendauer so groß parametriert, dass sie zum Schwingen des Istwertes führen würde, dann wird die wirksame Periodendauer vom Funktionsbaustein PID_CP selbständig auf einen sinnvollen Wert reduziert.

Genauigkeit der Pulsformung

Je kleiner die Impulsrasterbreite CYCLE_P gegenüber der Periodendauer PER_TM_P (bzw. PER_TM_N) ist, desto genauer ist die Pulsbreitenmodulation. Für eine hinreichend genaue Regelung sollte folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\text{CYCLE\_P} \leq \frac{\text{PER\_TM}}{20 \ldots 50}$$

Realisierung von sehr kurzen Impulsrasterbreiten

Bei einer schnellen Regelstrecke sind sehr kleine Impulsrasterbreiten (z. B. 10 ms) notwendig. Aufgrund der Programmlaufzeit ist es in diesem Fall nicht sinnvoll, die Regelungsteile im selben Weckalarm-OB zu bearbeiten wie die Berechnung der Impulsausgabe. Die Bearbeitung der Regelungsfunktionen verlagern Sie dann entweder in den OB 1 oder in einen langsameren Weckalarm-OB (Die Bearbeitung der Regelungsfunktion im OB 1 ist nur dann sinnvoll, wenn die Zykluszeit des OB 1 deutlich kleiner ist als die Abtastzeit CYCLE des Reglers.)

Über den Parameter SELECT bestimmen Sie, welcher Programmteil bearbeitet werden soll. Die folgende Tabelle verschafft Ihnen einen Überblick über die Parametrierung des Eingangsparameters SELECT:

SELECT	Verwendete Funktionalität des Bausteins	Zugrundeliegende Methode
0	Regelungsteil und Impulsausgabe	Regelungsteil und Impulsausgabe in ein und demselben Baustein
1	Aufruf im OB 1 (Regelungsteil)	Regelungsteil im OB 1, Impulsausgabe in schnellem Weckalarm-OB
2	Aufruf in Weckalarm-OB (Impulsausgabe)	
3	Aufruf in langsamem Weckalarm-OB (Regelungsteil)	Regelungsteil in langsamem Weckalarm-OB, Impulsausgabe in schnellem Weckalarm-OB
2	Aufruf in schnellem Weckalarm-OB (Impulsausgabe)	

Im Folgenden werden die in der obigen Tabelle angedeuteten Methoden zur Realisierung sehr kurzer Impulsrasterbreiten näher erklärt.

- Regelungsfunktion im OB 1, Impulsausgabe in Weckalarm-OB

  Beim Aufruf des FB “PID_CP” mit SELECT = 2 erfolgt die Berechnung der Impulsausgabe und die Prüfung, ob seit der letzten Bearbeitung des Regelungsteils die an CYCLE parametrierte Abtastzeit schon abgelaufen ist. Falls diese Abtastzeit abgelaufen ist, beschreibt der FB die Variable QC_ACT im Instanz-DB mit dem Wert TRUE.

  Beim Aufruf des FB “PID_CP” mit SELECT = 1 erfolgt die Bewertung der Variablen QC_ACT im Instanz-DB: Wenn QC_ACT den Wert FALSE hat, wird der Baustein sofort wieder beendet; er hat also nur eine sehr kleine Laufzeit benötigt. Wenn QC_ACT den Wert TRUE hat, wird der Regelungsteil einmalig durchlaufen, und anschließend setzt der FB QC_ACT wieder zurück.

  Diese Vorgehensweise bewirkt, dass die Abtastzeit für die Regelungsfunktion des FB “PID_CP” nicht exakt eingehalten werden kann. Sie schwankt um die Laufzeit des OB 1 (einschließlich aller Unterbrechungen). Dieses Verfahren ist daher nur geeignet, wenn die Laufzeit des OB 1 klein ist gegenüber der Abtastzeit CYCLE.

- Regelungsfunktion in langsamem, Impulsausgabe in schnellem Weckalarm-OB

  Beim Aufruf des FB “PID_CP” mit SELECT = 2 erfolgt grundsätzlich die Berechnung der Impulsausgabe

  Beim Aufruf des FB “PID_CP” mit SELECT = 3 erfolgt stets die Bearbeitung des Regelungsteils.

Hinweis

Damit der Aufruf des FB “PID_CP” mit seinen vielen Formaloperanden nicht zweimal ausprogrammiert werden muss, empfiehlt es sich, diesen einmalig in einer FC zu programmieren, die als Eingangsparameter ebenfalls einen Parameter SELECT hat. Diesen Eingangsparameter verschalten sie auf den SELECT-Eingang des FB “PID_CP”. Im OB 1 bzw. im Weckalarm-OB rufen Sie dann nur diese FC auf.
Diese Vorgehensweise ist änderungsfreundlich und spart Programmspeicher.

Betriebsarten des Reglers mit Impulsausgang

Je nach Parametrierung des Impulsformers können PID-Regler mit Dreipunktverhalten oder mit bipolarem bzw. unipolarem Zweipunktausgang konfiguriert werden. Nachstehende Tabelle zeigt die Einstellung der Schalterkombinationen für die möglichen Betriebsarten.

Schalter / Betriebsart	MAN_ON	STEP3_ON	ST2BI_ON
Dreipunktregelung	FALSE	TRUE	beliebig
Zweipunktregelung mit bipolarem Stellbereich (-100 % bis 100 %)	FALSE	FALSE	TRUE
Zweipunktregelung mit unipolarem Stellbereich (0 % bis 100 %)	FALSE	FALSE	FALSE
Handbetrieb	TRUE	beliebig	beliebig

Dreipunktregelung

In der Betriebsart ”Dreipunktregelung” können drei Zustände des Stellsignals erzeugt werden, z. B. je nach Stellglied und Prozess: Mehr - Aus - Weniger, Vorwärts - Stop - Rückwärts, Heizen - Aus - Kühlen usw. Nach Anforderung des zu regelnden Prozesses werden die Zustandswerte der binären Ausgangssignale QPOS_P und QNEG_P den jeweiligen Betriebszuständen des Stellgliedes zugeordnet. Die Tabelle zeigt zwei Beispiele.

	heizen vorwärts	aus stop	kühlen rückwärts
QPOS_P	TRUE	FALSE	FALSE
QNEG_P	FALSE	FALSE	TRUE

Eine Dimensionierung der Mindestimpuls- bzw. Mindestpausendauer P_B_TM_P kann sehr kurze Ein- oder Ausschaltzeiten verhindern, die die Lebensdauer von Schaltgliedern und Stelleinrichtungen beeinträchtigen. (Bild 5-16). Dabei wird der proportionalen Ausgangskennlinie, über die die Impulsdauer berechnet wird, ein Ansprechwert für die Impulsausgabe überlagert.

Hinweis

Kleine Absolutwerte der Eingangsgröße “Stellwert des PID-Reglers am Messpunkt MP10”, die eine Impulsdauer kleiner als P_B_TM_P erzeugen würden, werden unterdrückt. Für große Eingangswerte, die eine Impulsdauer größer als PER_TM_P – P_B_TM_P erzeugen würden, wird die Impulsdauer auf 100 % bzw. –100 % gesetzt.

Es werden Einstellwerte P_B_TM_P ≤ 0,1 * PER_TM_P empfohlen.

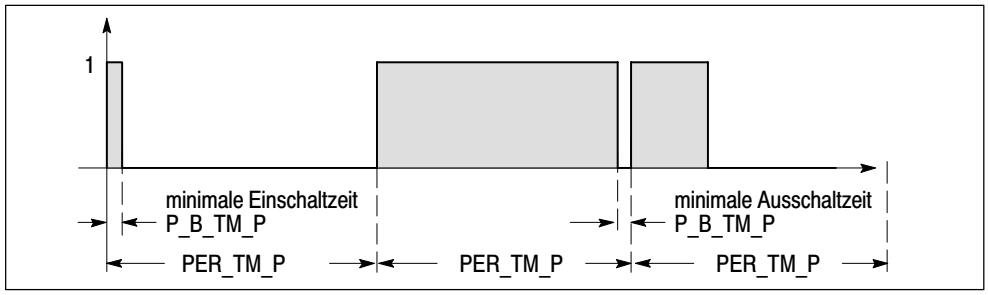


Bild 5-16 Schaltverhalten des Impulsausgangs

Die Dauer der positiven oder negativen Impulse errechnet sich aus der Eingangsgröße “Stellwert des PID-Reglers am Messpunkt MP10” (in %) mal Periodendauer:

$$\text{Impulsdauer} = \frac{MP10}{100} * \text{PER\_TM\_P[s]}$$

Durch die Unterdrückung von Mindestimpuls- bzw. -Pausendauer erhält die Umformkennlinie Knickpunkte im Anfangs- und Endbereich (Bild 5-17).

Die zuvor getroffenen Aussagen gelten ebenso für P_B_TM_N und PER_TM_N (siehe Bild 5-17).

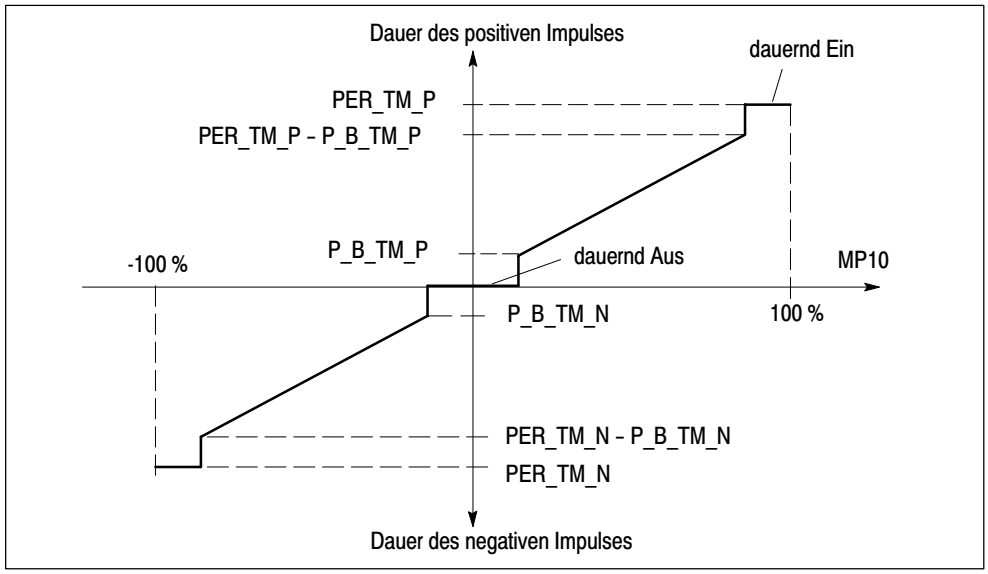


Bild 5-17 Symmetrische Kennlinie des Dreipunktreglers (Verhältnisfaktor = 1)

Dreipunktregelung unsymmetrisch

Über den Verhältnisfaktor RATIOFAC kann das Verhältnis der Dauer von positiven zu negativen Impulsen verändert werden. Bei einem thermischen Prozess lassen sich damit z. B. unterschiedliche Streckenzeitkonstanten für Heizen und Kühlen berücksichtigen.

Soll bei gleichem Absolutwert “Stellwert des PID-Reglers am Messpunkt MP10” die Impulsdauer am negativen Impulsausgang gegenüber dem positiven Impuls verkürzt werden, so ist ein Verhältnisfaktor kleiner 1 einzustellen (Bild 5-18):

pos. Impuls > neg. Impuls: RATIOFAC < 1

Impulsdauer negativ: $\frac{MP10}{100} * PER\_TM\_N * RATIOFAC$

Impulsdauer positiv: $\frac{MP10}{100} * PER\_TM\_P$

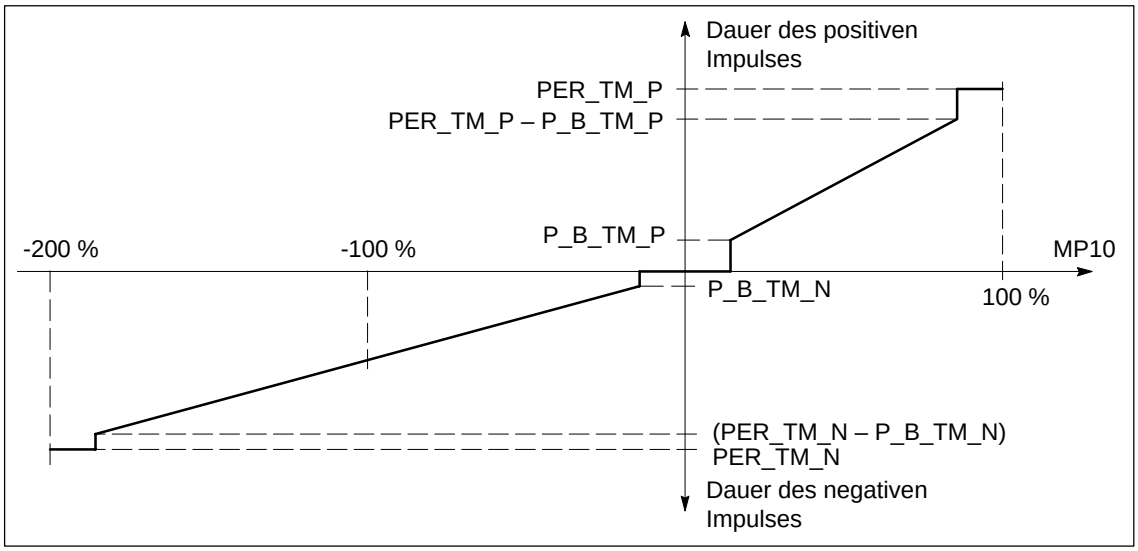


Bild 5-18 Unsymmetrische Kennlinie des Dreipunktreglers (Verhältnisfaktor = 0.5

Soll umgekehrt bei gleichem Absolutwert |MP10| die Impulsdauer am positiven Impulsausgang gegenüber dem negativen Impuls verkürzt werden, so ist ein Verhältnisfaktor größer 1 einzustellen:

pos. Impuls < neg. Impuls: RATIOFAC > 1

Impulsdauer negativ: $\frac{MP10}{100} * PER\_TM\_N$

Impulsdauer postitiv: $\frac{MP10 * PER\_TM\_P}{100 * RATIOFAC}$

Rechnerisch bedeutet dies, dass bei RATIOFAC < 1 der Ansprechwert für negative Impulse mit dem Verhältnisfaktor multipliziert und bei RATIOFAC > 1 der Ansprechwert für positive Impulse durch den Verhältnisfaktor dividiert wird.

Hinweis

Bei unsymmetrischer Dreipunktregelung RATIOFAC ≠ 1 müssen Sie die Stellwertgrenzen nach folgenden Formeln anpassen:

RATIOFAC < 1:

LMN_HLM = 100

LMN_LLM = –100 * (1 / RATIOFAC)

RATIOFAC > 1:

LMN_HLM = 100 * RATIOFAC

LMN_LLM = –100

Beispiele:

RATIOFAC = 1	RATIOFAC = 0,5	RATIOFAC = 2,0
LMN_HLM = 100	LMN_HLM = 100	LMN_HLM = 200
LMN_LLM = –100	LMN_LLM = –200	LMN_LLM = –100

Zweipunktregelung

Bei der Zweipunktregelung wird nur der positive Impulsausgang QPOS_P von PIC_CP mit dem betreffenden Ein/Aus-Stellglied verbunden. Je nach genutztem Stellbereich, MP10 = –100.0 bis +100.0 % oder MP10 = 0.0 % bis 100.0 %, hat der Zweipunktregler einen bipolaren oder einen unipolaren Stellbereich (Bild 5-19 und Bild 5-20).

Bei unipolarer Betriebsart darf MP10 nur Werte zwischen 0.0 und 100% annehmen.

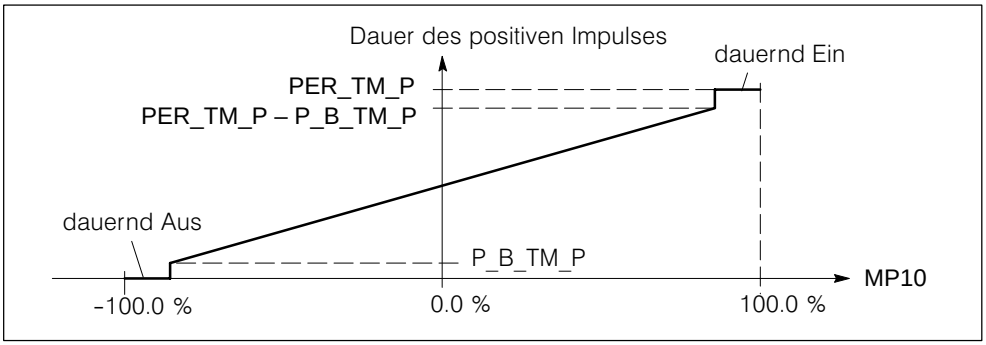


Bild 5-19 Zweipunktregler mit bipolarem Stellbereich (–100 % bis100 %)

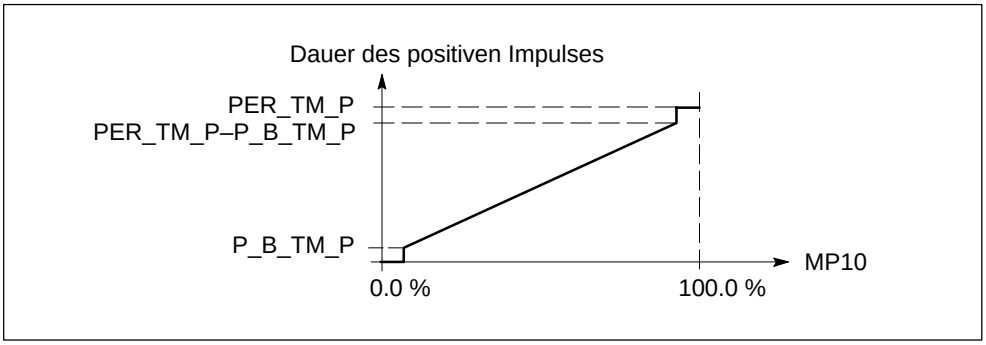


Bild 5-20 Zweipunktregler mit unipolarem Stellbereich (0 % bis100 %)

An QNEG_P steht das negierte Ausgangssignal zur Verfügung für den Fall, dass die Verschaltung des Zweipunktreglers im Regelkreis ein logisch invertiertes Binärsignal für die Stellimpulse erfordert.

	Ein	Aus
QPOS_P	TRUE	FALSE
QNEG_P	FALSE	TRUE

Parameter der Impulsformerstufe

Die Werte der Eingangsparameter werden am Baustein “PID_CP” nicht begrenzt. Eine Prüfung der Parameter findet nicht statt.

Bei Neustart werden alle Parameter auf Null gesetzt.

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
CYCLE_P	Abtastzeit der Impulsformerstufe	≥ 1 ms
SELECT	Auswahlschalter für die im aktuellen Bausteinaufruf zu bearbeitenden Funktionsteile (nur relevant, falls PULS_ON = TRUE) 0 (default): PID und Pulsgenerator 1: PID (Bausteinaufruf im OB 1) 2: Pulsgenerator (Bausteinaufruf in Weckalarm-OB) 3: PID (Bausteinaufruf in Weckalarm-OB)	
QC_ACT	Anzeige, ob beim nächsten Bausteinaufruf der Regelungsteil bearbeitet wird (nur relevant, falls SELECT den Wert 0 oder 1 hat)	
QPOS_P	Pulsgenerator: positiver Puls ein	
QNEG_P	Pulsgenerator: negativer Puls ein	
PULSE_ON	Pulsgenerator ein	
STEP3_ON	Pulsgenerator: Dreipunktregelung einschalten	

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
ST2BI_ON	Pulsgenerator: Zweipunktregelung für bipolaren Stellbereich einschalten (für unipolaren Stellbereich muss STEP3_ON = FALSE sein)	
PER_TM_P	Pulsgenerator: Periodendauer des positiven Pulses	
PER_TM_N	Pulsgenerator: Periodendauer des negativen Pulses	
P_B_TM_P	Pulsgenerator: Mindestimpuls- bzw. Mindestpausendauer des positiven Pulses	
P_B_TM_N	Pulsgenerator: Mindestimpuls- bzw. Mindestpausendauer des negativen Pulses	
RATIOFAC	Verhältnisfaktor für unsymmetrische Kennlinien	0.1 bis 10.0 (dimensionslos)

Eingangsparameter			Impulsformerstufe von “PID_CP”	Ausgangsparameter		
Parameter	Typ	*)		Signal	Typ	*)
COM_RST	BOOL	FALSE				
CYCLE	TIME	T#10ms				
SELECT	BYTE	0				
PULSE_ON	BOOL	FALSE				
STEP3_ON	BOOL	TRUE				
ST2BI_ON	BOOL	FALSE				
			#			
				QC_ACT	BOOL	TRUE
MP10	REAL	0.0		QPOS_P	BOOL	FALSE
				QNEG_P	BOOL	FALSE
CYCLE_P	TIME	T#10ms				
PER_TM_P	TIME	T#1s				
PER_TM_N	TIME	T#1s				
P_B_TM_P	TIME	T#50ms				
P_B_TM_N	TIME	T#50ms				
RATIOFAC	REAL	1.0				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 5-21 Funktionsschema und Parameter des Impulsformers

Der Schrittregler (PID_ES) 6

6.1 Regelfunktionen des PID-Schrittreglers

Der Funktionsbaustein PID_ES

Neben den Funktionen im Soll- und Istwertzeig realisiert der Funktionsbaustein (FB 2) einen fertigen PID-Regler mit binärem Stellwert-Ausgang. Es ist möglich, den Stellwert von Hand zu beeinflussen. Teilfunktionen lassen sich zu- oder abschalten.

Der FB ermöglicht es, technische Prozesse und Anlagen mit integrierenden Stellgliedern auf den Automatisierungssystemen SIMATIC S7 zu regeln. Der Regler kann als Festwertregler einzeln oder in unterlagerten Regelkreisen bei Kaskaden-, Mischungs- oder Verhältnisregelungen eingesetzt werden, jedoch nicht als Führungsregler.

Die Signalverarbeitung im Soll-/Istwertzweig sowie bei der Behandlung und Überwachung der Regeldifferenz ist identisch mit der des kontinuierlichen Reglers. Die betreffenden Detail-Beschreibungen finden Sie deshalb für beide Reglertypen in *Kapitel* 4 dieses Handbuches.

Normierung der Eingangsgrößen ER und PV

Die Eingangsgrößen ER und PV des PID-Reglers werden vor der Reglerbearbeitung normiert auf den Bereich 0 bis 100 gemäß folgenden Formeln:

- bei ausgeschalteter Wurzelfunktion (SQRT_ON = FALSE):
  - $ER_{normiert}$ = ER * 100.0 / (NM_PVHR – NM_PVLR)
  - $PV_{normiert}$ = (PV – NM_PVLR) * 100.0 / (NM_PVHR – NM_PVLR)
- bei eingeschalteter Wurzelfunktion (SQRT_ON = TRUE):
  - $ER_{normiert}$ = ER * 100.0 / (SQRT_HR – SQRT_LR)
  - $PV_{normiert}$ = (PV – SQRT_LR) * 100.0 / (SQRT_HR – SQRT_LR)

Diese Normierung wird durchgeführt, damit der Verstärkungsfaktor GAIN des PID-Reglers dimensionslos eingegeben werden kann. Bei einer Änderung der Ober- und Untergrenze des Physikalischen Messbereichs (z. B. von bar auf mbar) muss somit der Verstärkungsfaktor nicht geändert werden.

Die normierten Eingangsgrößen $ER_{normiert}$ und $PV_{normiert}$ sind nicht beobachtbar.

Funktionsschema des Schrittreglers mit Stellungsrückmeldung im Regelkreis

Die Arbeitsweise des Schrittreglers mit Stellungsrückmeldung basiert auf dem PID-Regelalgorithmus und wird um die Funktionsglieder zur Erzeugung der binären Ausgangssignale aus dem analogen Stellsignal des Reglers (Bild 6-1) ergänzt.

Das Dreipunktglied formt dabei Abweichungen zwischen Stellgröße und Stellungsrückmeldung je nach Vorzeichen in positive oder negative Impulse des Ausgangssignals um, die z. B. auf einen motorischen Ventilantrieb gegeben werden. Praktisch handelt es sich dabei um eine Kaskadenregelung mit einem unterlagerten Stellungsregelkreis.

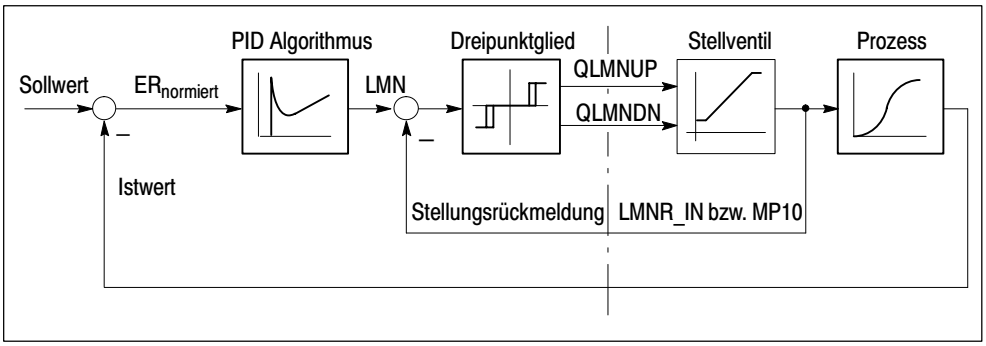


Bild 6-1 Schrittregler mit Stellungsrückmeldung

Funktionsschema des Schrittreglers ohne Stellungsrückmeldung im Regelkreis

Der I-Anteil des Schrittreglers ohne Stellungsrückmeldung wird in einem Integrator in der Rückführung berechnet. Das mit dem Reglerausgang des PD-Reglers verglichene Rückführsignal wird hierbei durch Aufintegrieren von folgenden zwei Signalanteilen gebildet:

- Signalkomponente für die simulierte Stellungsrückmeldung: $\frac{\pm 100.0}{MTR\_TM}$
- Signalkomponente für den I-Anteil: $(\text{Sollwert} - \text{Istwert})_{\text{normiert}} * \frac{GAIN}{TI}$

Das Rückführsignal ist somit die Differenz zwischen simulierter Stellungsrückmeldung und I-Anteil.

Das Dreipunktglied formt Abweichungen zwischen Stellgröße und Rückführsignal je nach Vorzeichen in positive oder negative Impulse des Ausgangssignals um, die z. B. auf einen motorischen Ventilantrieb gegeben werden.

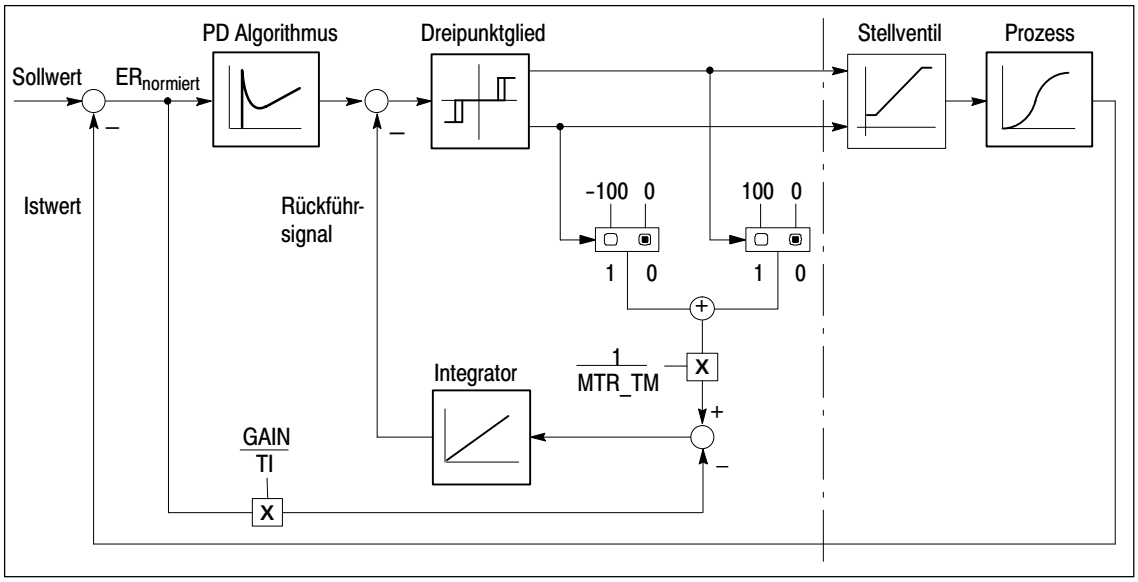


Bild 6-2 Funktionsschema des Schrittreglers ohne Stellungsrückmeldung

Neustart/Wiederanlauf

Der FB PID_ES verfügt über eine Initialisierungsroutine, die durchlaufen wird, wenn der Eingangs-Parameter COM_RST = TRUE gesetzt ist.

Zeitplangeber (RMP_SOAK)

Bei eingeschaltetem Zeitplangeber werden die Zeitabschnitte DB_NBR PI[0 ... NBR_PTS].TMV zwischen den Stützpunkten aufsummiert und am Ausgang Gesamtzeit T_TM und Gesamtrestzeit RT_TM angezeigt.

Bei Online-Änderungen von PI[n].TMV oder bei Vorgabe von TM_CONT und TM_SNBR ändern sich Gesamtzeit und Gesamtrestzeit der Fahrkurve. Da die Berechnung von T_TM und RS_TM bei vielen Stützpunkten die Bearbeitungszeit der Funktion RMP_SOAK stark vergrößert, wird diese Berechnung nur nach Neustart oder bei TUPDT_ON = TRUE durchgeführt.

Integrierer (INT)

Der Integrierer wird beim Anlauf intern auf den Initialisierungswert I_ITLVAL gesetzt. Beim Aufruf in einer Weckalarmebene arbeitet er von diesem Wert aus weiter.

Alle anderen Ausgänge werden auf ihre Vorbesetzungswerte gesetzt.

6.2 Stellgrößen beim Schrittregler mit Stellungsrückmeldung

6.2.1 Betriebsarten des Schrittreglers

Struktur des Schrittreglers

Der Schrittregler (PID_ES) mit Stellungsrückmeldung setzt sich aus zwei Teilen zusammen: dem mit kontinuierlichen Signalen arbeitenden Reglerteil, der weitgehend identisch ist mit der Struktur im Funktionsbaustein PID_CP, und einem zweiten Teil, in dem die binären Stellsignale erzeugt und in dem über die Stellungsrückmeldung gleichzeitig ein Stellungsregelkreis gebildet wird (Bild 6-3).

Der Ausgang des PID-Algorithmus wirkt als Führungsgröße auf diese Stellungsregelung und gibt damit die Position des motorischen Stellgliedes vor.

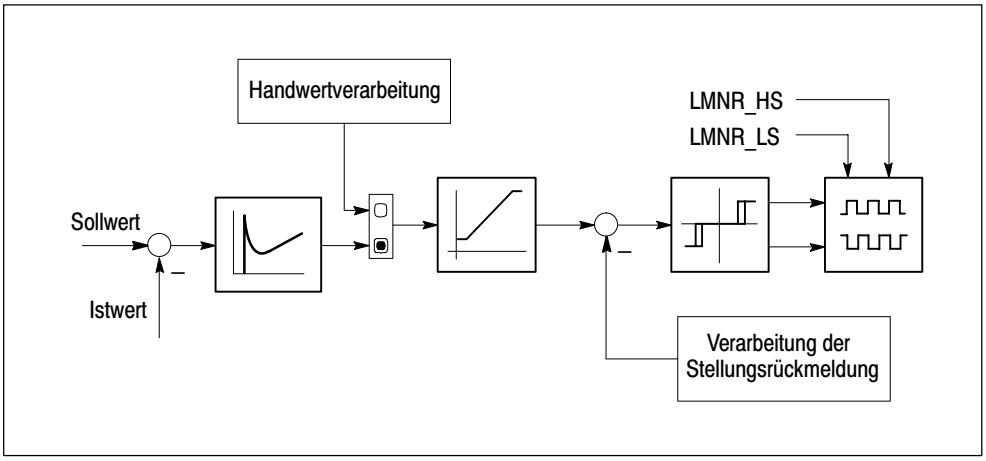


Bild 6-3 Schrittregler mit Stellungsrückmeldung

Um Übersteuerungen des Antriebs zu vermeiden, können dessen Anschlagsignale (LMNR_HS/LMNR_LS) zur Verriegelung der Reglerausgänge herangezogen werden (Bild 2-16). Liefert der Antrieb keine Anschlagsignale, dann müssen die Eingangsparameter LMNR_HS und LMNR_LS = FALSE gesetzt werden.

Hinweis

Sind keine Anschlagsignale vorhanden, kann der Regler nicht erkennen, ob ein mechanischer Anschlag erreicht ist. Es besteht die Möglichkeit, dass der Regler z. B. Signale zum Öffnen des Ventils ausgibt, obwohl es sich bereits am oberen Anschlag befindet.

Betriebsarten des Schrittreglers

- **Anwahl: Schrittregler mit Stellungsrückmeldung**

  Immer wenn – abhängig von der Art des Stellantriebs – eine Stellungsrückmeldung zur Verfügung steht, wird die Reglerstruktur nach Bild 6-3 durch Setzen von LMNR_ON = TRUE aktiviert.

  Falls am motorischen Stellglied kein Positionssignal abgenommen werden kann, ist durch LMNR_ON = FALSE die Struktur des Schrittreglers ohne Stellungsrückmeldung zu wählen (*siehe Kapitel* 6.3).

Hinweis

Der Betriebsartenschalter LMNR_ON darf im Online-Betrieb des Reglers nicht betätigt werden!

- **Betriebsarten**

  Der Schrittregler kann in den gleichen Betriebsarten wie der stetige Regler betrieben werden, nämlich der Betriebsart ”Automatik” d. h. Regelung im geschlossenen Kreis und der Betriebsart ”Hand” d. h. Beeinflussung des Stellgliedes von Hand bei offenem Regelkreis. Die Handsignalbildung durch Absolutwertaufschaltung (MAN) oder Stellwertgenerator (MAN_GEN) wird beim Schrittregler durch die Möglichkeit der direkten Schaltung der Ausgangssignale über LMNS_ON erweitert.

Automatikbetrieb

Ist MAN_ON = FALSE gewählt, wird der Stellwert des PID-Algorithmus auf das Dreipunktglied geschaltet. Die Umschaltung von Hand- auf Automatikbetrieb bewirkt einen Sprung des Stellwertes LMN. Dies wirkt sich jedoch nicht nachteilig aus, da der Prozess über das integrierend wirkende Stellglied rampenförmig angesteuert wird. Der Ausgang des PID-Algorithmus ist am Messpunkt MP7 hinterlegt.

Handwertnachführung im Automatikbetrieb

Im Automatikbetrieb wird der I/O-Parameter MAN der Stellung des Stellglieds (LMNR_IN, wenn LMNRP_ON = FALSE oder MP10, wenn LMNRP_ON = TRUE) nachgeführt. Bei der Umschaltung auf Handbetrieb bleibt die Stellgröße daher auf dem Wert stehen, der der Stellung des Stellglieds entspricht. Sie kann nun per Bedienung verändert werden.

Handbetrieb

Neben der Betriebsart ”Automatik” gibt es bei der Schritt-Regelung drei Betriebsarten, in denen das Stellsignal manuell beeinflusst werden kann:

- Handbetrieb ohne Schalterbedienung über das Signal MAN,
- Handbetrieb über Mehr-/Weniger-Schalter” (MAN_GEN),
- Handbetrieb durch direkte Schaltung der Binärausgänge.

Die Struktur der Handwert-Erzeugung und -Aufschaltung geht aus Bild 6-4 hervor. Über den Parameter MAN (–100.0 % bis100.0 %) kann eine externe Stellgrößenbeeinflussung als Absolutwert aufgeschaltet oder vom Anwenderprogramm aus vorgegeben werden.

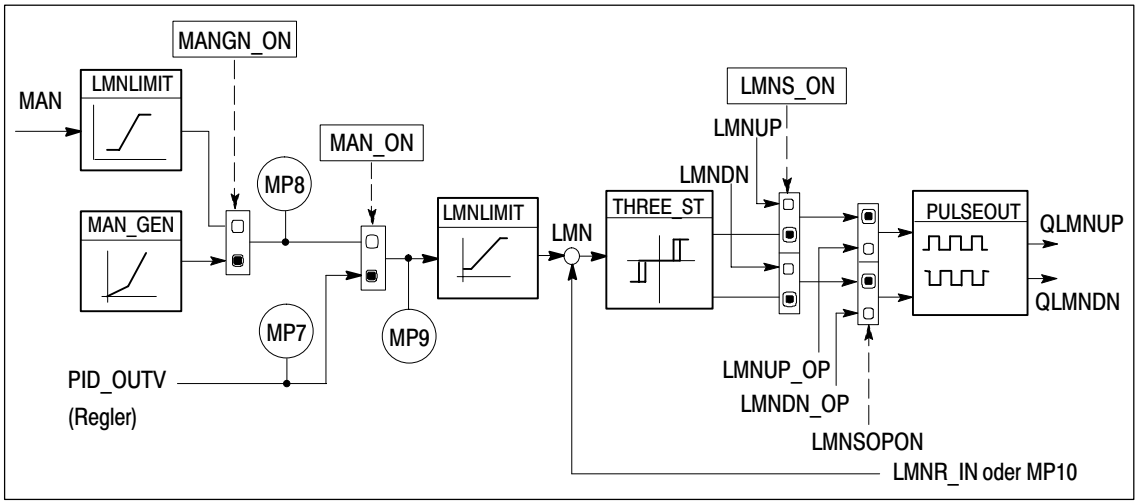


Bild 6-4 Betriebsarten und Handstellwert-Erzeugung beim Schrittregler mit Stellungsrückmeldung

Wird MAN_GEN aus einer anderen Betriebsart eingeschaltet, dann wird der Stellwert am Ausgang (MP9) übernommen. Die Umschaltung zum Handwertgenerator ist damit immer stoßfrei. Der Handstellwert kann innerhalb der Grenzen LMN_HLM und LMN_LLM vergrößert oder verkleinert werden.

Wegen der direkten Einwirkung auf die Zustände der Ausgangssignale hat ein Tastbetrieb des Stellgliedes über LMNUP bzw. LMNDN immer Vorrang. Bei Rückschaltung LMNS_ON = FALSE wird eine beliebige eingeschaltete Betriebsart ”stoßfrei” übernommen.

Schaltung der Betriebsarten

Folgende Tabelle zeigt die möglichen Betriebsarten des Schrittreglers mit den erforderlichen Werten der strukturbestimmenden Schalter.

Tabelle 6-1 Betriebsarten des Schrittreglers

Schalter / **Betriebsart**	**MNGN_ON**	**MAN_ON**	**LMNS_ON**
Automatikbetrieb	beliebig	FALSE	FALSE
Handbetrieb ohne Schalterbedienung	FALSE	TRUE	FALSE
Handbetrieb über Schalter MAN_GEN	TRUE	TRUE	FALSE
Handbetrieb über Impulsschalter	beliebig	beliebig	TRUE

6.2.2 Stellwertbeeinflussung über das Konfigurationswerkzeug

LMN-Anzeige und -Einstellung im Kreisbild

Das Konfigurationswerkzeug hat eine eigene Schnittstelle zum Regler-FB. Es ist deshalb jederzeit möglich, von einem PG/PC aus über das Konfigurationswerkzeug den Stellgrößenzweig zu unterbrechen und eigene Stellwerte vorzugeben (Bild 6-5).

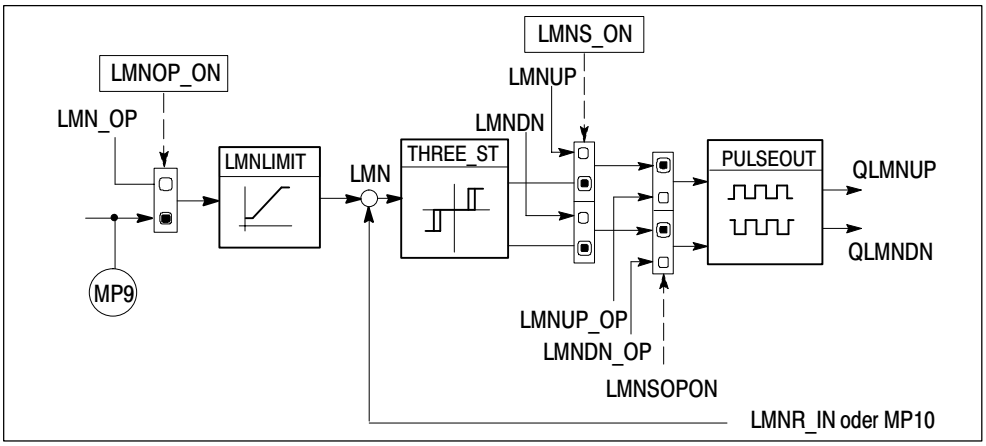


Bild 6-5 Eingriffe in den Stellwertzweig über das Konfigurationswerkzeug

Im Fenster des Kreisbildes steht dafür – bezeichnet mit 'Stellwert' – eines der drei identischen Bedienfelder zur Verfügung. Hier wird oben ('Regler: ') der aktuelle am Messpunkt MP9 anliegende Stellwert ausgegeben. Im Feld darunter ('PG: ') wird der Parameter LMN_OP angezeigt und bedient.

Umschalten auf Stellwertvorgabe durch Konfigurationswerkzeug

Steht der Schalter im Konfigurationswerkzeug auf 'PG: ', dann wird im Regler-FB das Schaltsignal des Strukturschalters LMNOP_ON auf TRUE gesetzt und LMN_OP wird auf den Stellwert durchgeschaltet.

Steht der Schalter "Regler:/PG:" im Feld Stellsignale auf "PG:", wird der Parameter LMNSOPON=TRUE gesetzt, und die Stellsignalausgänge können über die Parameter LMNUP_OP (Hoch) bzw. LMNDN_OP (Tief) im Kreisbild bedient werden. Dies gilt für den Schrittregler mit und ohne Stellungsrückmeldung.

Diese Bedieneingriffe wirken jeweils erst dann auf den Prozess, wenn sie durch Betätigen der Taste 'Senden' im Kreisbild auf das Automatisierungssystem übertragen werden.

6.2.3 Begrenzung des Absolutwertes der Stellgröße (LMNLIMIT)

Anwendung

Der Einstellbereich der Stellwertes bestimmt den Arbeitsbereich der Stellgröße, d. h. den Bereich, in dem sich das Stellglied im Rahmen zulässiger Stellwerte bewegen kann. Da sich – abhängig von der Art des Stellgliedes – die Grenzen für erlaubte Stellwerte meist nicht mit der 0 %- oder der 100 %- Grenze des Stellbereiches decken, sind oft weitere Bereichseinschränkungen erforderlich.

Um im jeweiligen Prozess unzulässige Zustände zu vermeiden, wird im Stellwertzweig des Schrittreglers der Einstellbereich für die Stellgröße nach oben und unten begrenzt.

Die Funktion LMNLIMIT

Die Funktion LMNLIMIT begrenzt die Stellgröße LMN(t) auf den unteren und oberen Wert LMN_HLM und LMN_LLM. Diese Werte können vorgegeben werden. Die Eingangsgröße inv muss allerdings außerhalb dieser Begrenzungen liegen. Da die Funktion nicht abgeschaltet werden kann, muss die Angabe einer Unter- und Obergrenze bei der Konfiguration immer berücksichtigt werden.

Die Zahlenwerte der Grenzen (in Prozent) werden an den Eingangsparametern für die untere und obere Begrenzung eingestellt. Bei Überschreitungen durch die Eingangsgröße inv(t) werden die zugehörigen Anzeigen über die Meldeausgänge (Bild 6-7) ausgegeben.

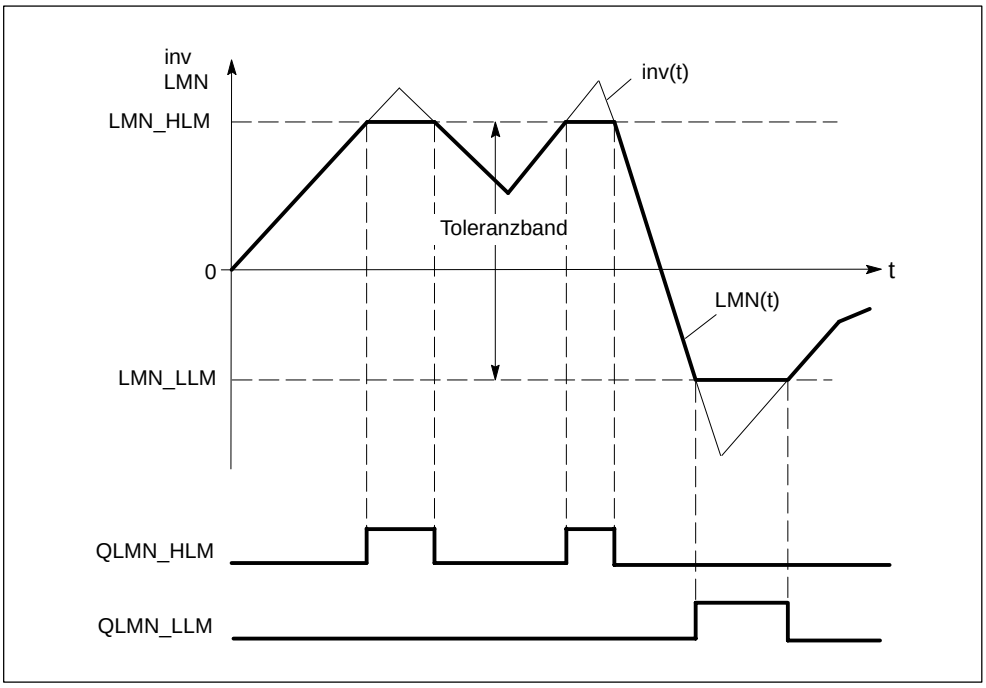


Bild 6-6 Absolutwertbegrenzung der Stellgröße LMN(t)

Anlauf und Betriebsweise

- Bei Neustart werden alle Meldeausgänge nullgesetzt.
- Die Begrenzung arbeitet gemäß folgenden Beziehungen:

LMN =	QLMN_HLM	QLMN_LLM	wenn:
LMN_HLM	TRUE	FALSE	INV ≥ LMN_HLM
LMN_LLM	FALSE	TRUE	INV ≤ LMN_LLM
INV	FALSE	FALSE	LMN_HLM ≤ INV ≤ LMN_LLM

Am Ausgang d. h. am Parameter LMN wird der wirksame Stellwert angezeigt.

Parameter der Funktion LMNLIMIT

Der Eingangswert INV ist ein impliziter Parameter, der am Konfigurationswerkzeug über den Messpunkt **MP9** beobachtet werden kann.

Für ein sinnvolles Arbeiten der Begrenzungsfunktion muss gelten:

LMN_HLM > LMN_LLM

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
LMN_HLM	Obere Begrenzung der Stellgröße	LMN_LLM bis 100.0 [%]
LMN_LLM	Untere Begrenzung der Stellgröße	–100.0 bis LMN_HLM [%]

Eingangsparameter			LMNLIMIT	Ausgangsparameter		
Parameter	Typ	*)		Parameter	Typ	*)
				QLMN_HLM	BOOL	FALSE
inv	REAL			LMN	REAL	0.0
				QLMN_LLM	BOOL	FALSE
LMN_HLM	REAL	100.0				
LMN_LLM	REAL	0.0				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 6-7 Funktionsschema und Parameter der Absolutwert-Begrenzung des Stellwertes

6.2.4 Verarbeitung der Stellungsrückmeldung (LMNR_IN bzw. LMNR_PER)

Signalanpassung

Für die Aufschaltung der Stellungsrückmeldung auf den Vergleicher im Stellwertzweig des Schrittreglers stehen, je nach Format des zu verarbeitenden Wertes, Eingänge mit entsprechender Signalverarbeitung zur Verfügung (Bild 6-8). Über LMNR_PER lassen sich Signale im Format der SIMATIC-Peripherie und über LMNR_IN Signale im Gleitpunktformat aufschalten.

Am Messpunkt MP10 wird der zugehörige interne Wert im Prozentbereich hinterlegt.

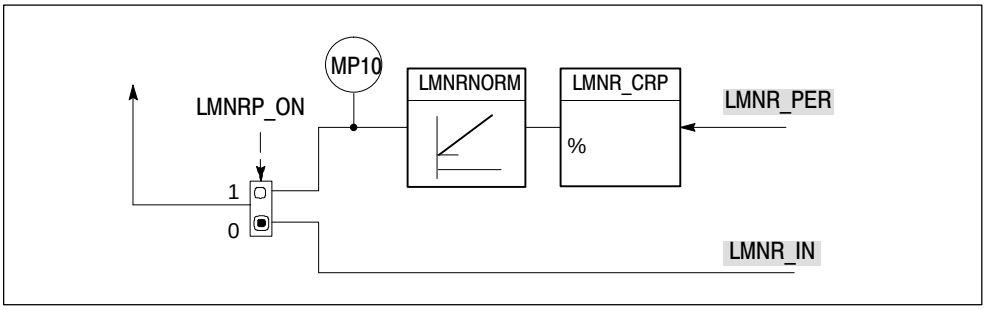


Bild 6-8 Verarbeitung der Stellungsrückmeldung beim Schrittregler

Die Funktion LMNR_CRP

Wird der zu verarbeitende Wert der Stellungsrückmeldung von einer Analogeingabebaugruppe geliefert, dann muss der Zahlenwert des Peripherie-Datenwortes in einen Zahlenwert im Gleitpunktformat (Prozentbereich) umgesetzt werden.

Die Funktion LMNR_CRP setzt diesen am Eingang LMNR_PER anliegenden Zahlenwert der Stellungsrückmeldung in einen auf Prozent normierten Gleitpunktwert um. Eine Prüfung auf positiven/negativen Überlauf, Erreichen des Über-/Untersteuerungsbereiches und auf Drahtbruch wird dabei nicht durchgeführt.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über Bereiche und Zahlenwerte vor und nach der Bearbeitung durch den Umform- und Normierungsalgorithmus der Funktion LMNR_CRP.

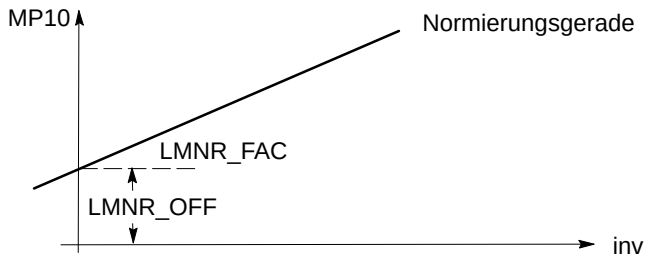
Peripheriewert LMNR_PER	Ausgangswert in %
32767	118,515
27648	100,000
1	0,003617
0	0,000
– 1	– 0,003617
– 27648	– 100,000
– 32768	– 118,519

Die Funktion LMNRNORM

Liegt die Stellungsrückmeldung als physikalische Größe vor (z. B. 240 bis 800 mm oder 0 bis 60 ∡°), dann muss der bereits als Gleitpunktwert (in %) gewandelte Rückmeldeeingang auf den für die Weiterverarbeitung erforderlichen internen Gleitpunktwert im Bereich 0 bis 100 % normiert werden.

Zur eindeutigen Festlegung der Normierungsgeraden sind folgende Parameter zu definieren:

- der Faktor (für die Steigung): **LMNR_FAC**
- der Offset der Normierungsgeraden im Nullpunkt: **LMNR_OFF**



Der Normierungswert MP10 (Bild 6-8) wird nach folgender Beziehung aus dem jeweiligen Eingangswert inv (LMNR_PER) berechnet:

$$MP10 = inv * LMNR\_FAC + LMNR\_OFF$$

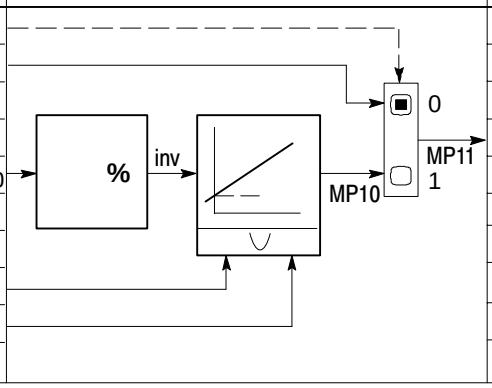
Anlauf

Die Funktion ist wirksam, wenn der Steuereingang LMNRP_ON = TRUE ist. Funktionsintern werden keine Werte begrenzt. Eine Prüfung der Parameter findet nicht statt.

Parameter der Funktionen LMNR_CRP und LMNRNORM

Der Peripherieeingang LMNR_PER ist dann auf den Rückmeldezweig durchgeschaltet, wenn LMNRP_ON = TRUE gesetzt ist. Der Wert – im internen Format – von LMNR_PER ist am Messpunkt MP10 zugänglich.

Parameter	Bedeutung	Zulässiger Wertebereich
LMNR_PER	Rückmeldewert im Peripherieformat	
LMNR_FAC	Steigung der Normierungsgeraden am Eingang der Stellungsrückmeldung LMNR_PER	Technischer Wertebereich (dimensionslos)
LMNR_OFF	Nullpunkt der LMNR-Normierungsgeraden	–100.0 bis + 100.0 [%]

Eingangsparameter			LMNR_CRP + LMNRNORM	Ausgangsparameter		
Parameter	**Typ**	***)**		**Signal**	**Typ**	***)**
LMNRP_ON	BOOL	FALSE				
LMNR_IN	REAL	0.0				
				LMNR	REAL	
LMNR_PER	WORD	W#16#0000				
LMNR_FAC	REAL	1.0				
LMNR_OFF	REAL	0.0				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 6-9 Funktionsschema und Parameter der Peripheriewert-Umformung für die Stellungsrückmeldung

6.2.5 Erzeugung der Stellsignale (QLMNUP/QLMNDN)

Signalverarbeitung

Die Differenz zwischen Stellwert LMN und Stellungsrückmeldung LMNR wird auf das Dreipunktglied mit Hysterese THREE_ST geschaltet. Der nachgeschaltete Impulsformer PULSEOUT sorgt dafürt, dass eine Mindestimpuls- und Mindestpausendauer eingehalten wird, um die Stellglieder zu schonen. (Bild 6-10). Ein Ansprechen der Endlagenschalter des Stellgliedes (LMNR_HS/LMNR_LS) verursacht eine Sperrung des betreffenden Ausgangs.

Auch bei Handbetätigung der binären Ausgangssignale (LMNS_ON = TRUE oder LMNSOPON = TRUE) werden die Mindestimpulszeit PULSE_TM und die Mindestpausendauer BREAK_TM mit berücksichtigt. Ist der zugeordnete Endlagenschalter gesetzt, dann wird auch bei Handbetrieb der Ausgang gesperrt.

Sind beide Signalschalter zur Stellwertsignalbedienung gesetzt (LMNUP = LMNDN = TRUE bzw. LMNUP_OP = LMNDN_OP = TRUE), wird an den Ausgängen PLMNUP und QLMNDN immer FALSE ausgegeben.

Der direkte Wechsel von “Stellwertsignal Auf” (QLMNUP = TRUE, QLMNDN = FALSE) nach “Stellwertsignal Zu” (QLMNUP = FALSE, QLMNDN = TRUE) ist nicht möglich. Der Impulsformer fügt einen Zyklus mit QLMNUP = QLMNDN = FALSE ein.

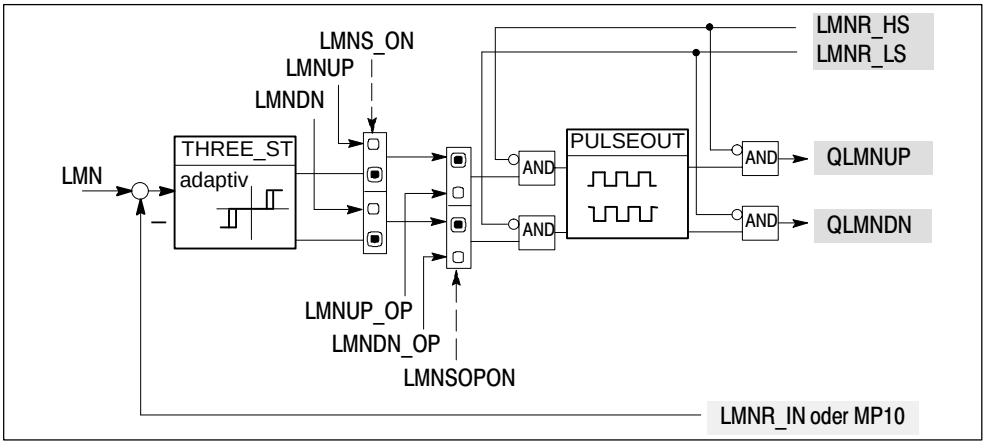


Bild 6-10 Erzeugung des binären Stellsignals beim Schrittregler mit Stellungsrückmeldung

Das Dreipunktglied mit Hysterese THREE_ST

Die Abweichung zwischen den Werten vom Stellsignal des Reglers und der aktuell erreichten Position des Stellgliedes bildet die Eingangsgröße des Dreipunktgliedes. An dessen Ausgang werden zwei Binärsignale erzeugt, die je nach Größe und Vorzeichen des Differenzwertes am Eingang sich im Zustand gesetzt bzw. rückgesetzt befinden.

Der Dreipunktschalter THREE_ST reagiert auf das Eingangssignal INV entsprechend folgender Beziehungen (ThrOn = Einschaltschwelle, ThrOff = Ausschaltschwelle) und nimmt dabei jeweils eine der drei möglichen Kombinationen seiner Ausgangssignale UP/DOWN an (Bild 6-11):

UP	DOWN	Eingangskombination		
TRUE	FALSE	INV ≥ ThrOn	oder	INV > (ThrOff und UP_{alt} = TRUE)
FALSE	TRUE	INV ≤ –ThrOn	oder	INV < (–ThrOff und $DOWN_{alt}$ = TRUE)
FALSE	FALSE	|INV| ≤ ThrOff		

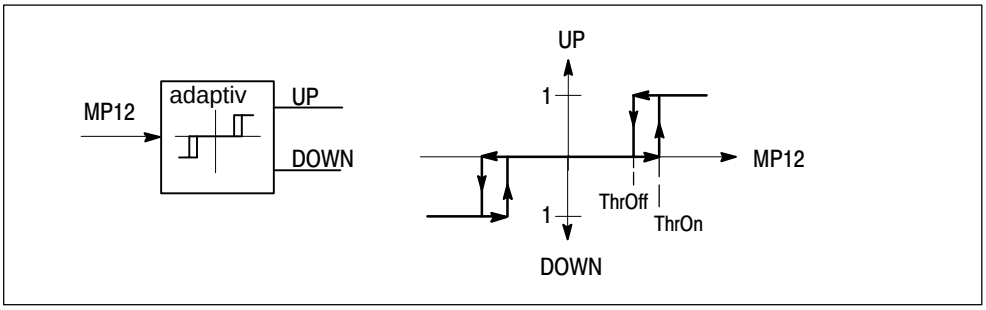


Bild 6-11 Funktionsschema des Dreipunktgliedes THREE_ST

Die Abschaltschwelle ThrOff muss größer sein als die Änderung der Stellungsrückmeldung nach einer Impulsdauer. Dieser Wert ist abhängig von der Stellzeit des Motors MTR_TM und wird wie folgt berechnet:

$$\text{ThrOff} = 0.5 * \frac{110}{\text{MTR\_TM}} * \text{CYCLE}$$

PULSE_TM muss ein ganzzahliges Vielfaches von CYCLE sein.

Hinweis

Eine zu groß eingestellte Motorstellzeit (10% über der realen Stellzeit) bewirkt ein ständiges Ein- und Ausschalten der Stellwertsignale QLMNUP und QLMNDN.

Adaption der Ansprechschwelle ThrOn

Um bei der Ausregelung größerer Regeldifferenzen die Schalthäufigkeit zu reduzieren, wird die Ansprechschwelle +ThrOn während des Betriebes automatisch angepasst, während ThrOff konstant bleibt. ThrOn ist begrenzt auf:

$$\text{Min ThrOn} = \frac{100}{\text{MTR\_TM}} * \text{MAX (PULSE\_TM, CYCLE)}$$

$$\text{Max ThrOn} = 10$$

Die Adaption der Ansprechschwelle ist bei reinen P-, D- oder PD-Reglern abgeschaltet. Hierbei ist:

ThrOn = Min ThrOn.

Der Impulsformer PULSEOUT

Der Impulsformer sorgt dafür, dass beim Setzen und Ausschalten der Ausgangsimpulse jeweils ein Mindestwert für die Impulsdauer bzw. für die Pausendauer eingehalten wird.

Zur Schonung des Stellgliedes können deshalb eine Mindestimpulsdauer PULSE_TM und eine Mindestpausendauer BREAK_TM parametriert werden. Die Dauer der Ausgangsimpulse QLMNUP bzw. QLMNDN ist immer größer als PULSE_TM und die Unterbrechungsdauer zwischen zwei Impulsen immer größer als BREAK_TM. Das Bild 6-12 zeigt die Arbeitsweise von PULSEOUT am Beispiel des UP-Signals.

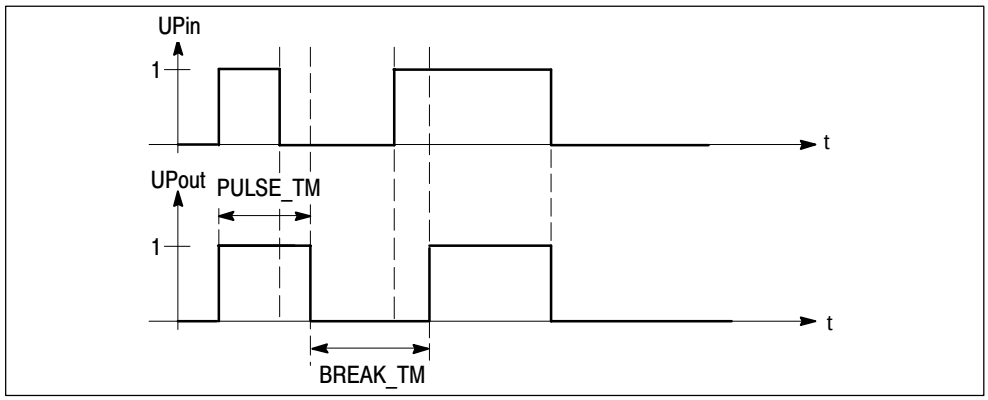
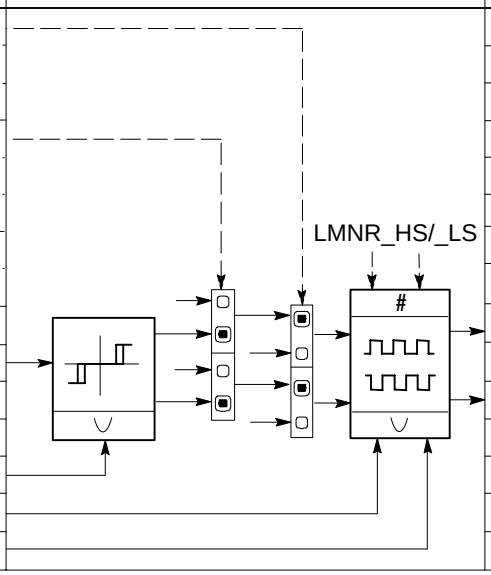


Bild 6-12 Arbeitsweise des Impulsformers PULSEOUT

Parameter von THREE_ST und PULSEOUT

Die Einstellwerte der Parameter PULSE_TM und BREAK_TM müssen ein ganzzahliges Vielfaches der Zykluszeit CYCLE sein. Bei kleineren Einstellwerten ist für die Mindestimpuls- und Mindestpausendauer die Zykluszeit CYCLE wirksam.

Eingangsparameter			THREE_ST PULSEOUT	Ausgangsparameter		
Parameter	**Typ**	***)**		**Signal**	**Typ**	***)**
LMNSOPON	BOOL	FALSE				
LMNUP_OP	BOOL	FALSE				
LMNDN_OP	BOOL	FALSE				
LMNS_ON	BOOL	TRUE				
LMNUP	BOOL	FALSE				
LMNDN	BOOL	FALSE				
LMNR_HS	BOOL	FALSE				
LMNR_LS	BOOL	FALSE				
				QLMNUP	BOOL	FALSE
MP12	REAL	0.0				
				QLMNDN	BOOL	FALSE
MTR_TM	TIME	T#30s				
PULSE_TM	TIME	T#3s				
BREAK_TM	TIME	T#3s				



*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 6-13 Funktionsschema und Parameter der Stellsignalerzeugung beim Schrittregler

6.3 Stellgrößenverarbeitung beim Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung

Struktur und Funktion des Schrittreglers

Der Schrittregler (PID_ES) ohne Stellungsrückmeldung setzt sich aus zwei Teilen zusammen: dem mit kontinuierlichen Signalen arbeitenden PD-Reglerteil und einem zweiten Teil, in dem die binären Stellsignale aus der Differenz von PD-Anteil und Rückführung erzeugt werden (Bild 6-14).

Der Integrator in der Rückführung dieses Schrittreglers summiert das Differenzsignal aus ± 100/MTR_TM und $ER_{normiert}$*GAIN/TI auf. Am Ausgang des Integrators steht die Differenz aus gedachter Motorstellung und dem I-Anteil. Im eingeschwungenen Zustand wird der Ausgang des Integrators und der PD-Anteil zu Null. Da der Eingang des Dreipunktgliedes auch zu Null wird, bleiben die binären Stellsignale QLMNUP und QLMNDN auf FALSE stehen.

Der I-Anteil des PID-Algorithmus ist abgeschaltet. Beim Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung ist es nicht vorgesehen, den I-Anteil vorzubelegen oder einzufrieren. Der Handbetrieb über den Parameter MAN entfällt hier wegen der fehlenden Information über die Lage des Stellgliedes.

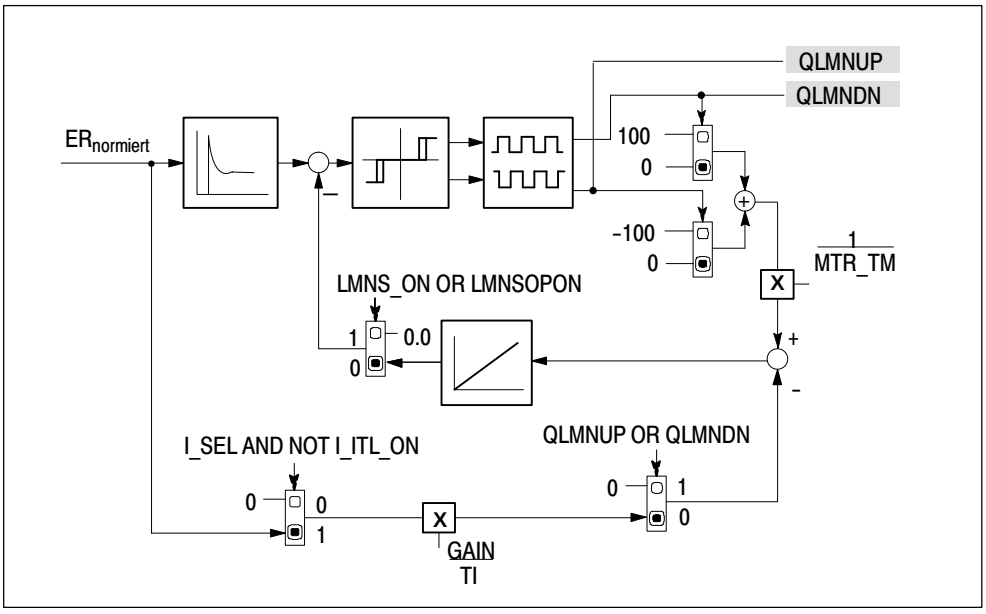


Bild 6-14 Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung

Um Übersteuerungen des Antriebs zu vermeiden, können dessen Anschlagsignale (LMNR_HS/LMNR_LS) zur Verriegelung der Reglerausgänge herangezogen werden (Bild 2-17). Liefert der Antrieb keine Anschlagsignale, dann müssen die Eingangsparameter LMNR_HS und LMNR_LS = FALSE gesetzt werden.

Hinweis

Wenn keine Anschlagsignale vorhanden sind, kann der Regler nicht erkennen, ob ein mechanischer Anschlag erreicht wurde. Es besteht die Möglichkeit, dass der Regler z. B. Signale zum Öffnen des Ventils ausgibt, obwohl es sich bereits am oberen Anschlag befindet.

Betriebsarten des Schrittreglers

- **Anwahl: Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung**

  Falls ein Rückmeldesignal der Stellgliedposition nicht zur Verfügung steht, wird die Reglerstruktur nach Bild 6-14 durch Setzen von LMNR_ON = FALSE aktiviert.

- **Betriebsarten**

  Wegen der fehlenden Information über die Lage des Stellgliedes entfällt beim Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung der Handbetrieb über den Parameter MAN bzw. den Handstellwertgeber MAN_GEN. Neben der Betriebsart ”Automatik”, d. h. Regelung im geschlossenen Kreis, ist der Betriebszustand ”Hand” mit direkter Tastung der Ausgangsimpulse bei offenem Regelkreis durch LMNS_ON = TRUE einstellbar.

Handbetrieb

Bei eingeschaltetem Handbetrieb (LMNS_ON = TRUE) können die binären Ausgangssignale QLMNUP und QLMNDN über die Schalter LMNUP und LMNDN gesetzt werden (Bild 6-15). Die Mindestimpulszeit PULSE_TM sowie die Mindestpausendauer werden dabei eingehalten.

Ist einer der Endlagenschalter LMNR_HS bzw. LMNR_LS gesetzt, so wird – auch bei Handbetrieb – das entsprechende Ausgangssignal gesperrt.

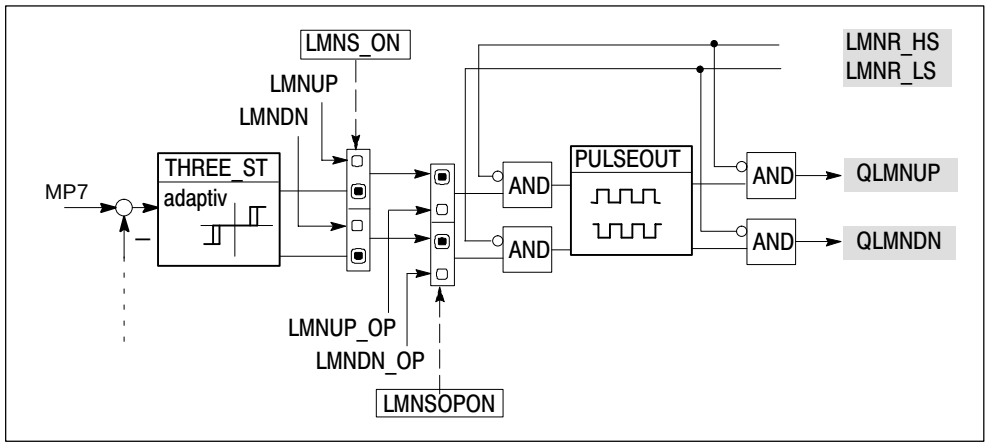


Bild 6-15 Handbetrieb beim Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung

Der Tastbetrieb des Stellgliedes durch LMNUP bzw. LMNDN wirkt direkt auf die Ausgangssignale und hat daher immer Vorrang. Bei Rückschaltung LMNS_ON = FALSE geht der Regler ”stoßfrei” in den Automatikbetrieb über.

Folgende Tabelle zeigt die möglichen Betriebsarten des Schrittreglers ohne Stellungsrückmeldung:

Tabelle 6-2 Betriebsarten des Schrittreglers ohne Stellungsrückmeldung

Schalter / Betriebsart	LMNS_ON
Automatikbetrieb	FALSE
Handbetrieb der binären Ausgangssignale	TRUE

Erzeugung der Stellsignale QLMNUP/QLMNDN

Die Differenz zwischen dem PD-Anteil des Reglers und der Rückführgröße (MP11) wird auf das Dreipunktglied mit Hysterese THREE_ST geschaltet. Der nachgeschaltete Impulsformer PULSEOUT sorgt dafürt, dass eine Mindestimpuls- und Mindestpausendauer eingehalten wird, um die Stellglieder zu schonen (Bild 6-16). Das Ansprechen der Endlagenschalter des Stellgliedes (LMNR_HS/LMNR_LS) verursacht eine Sperrung des betreffenden Ausgangs.

Auch bei Handbetätigung der binären Ausgangssignale (LMNS_ON = TRUE oder LMNSOPON = TRUE) werden die Mindestimpulszeit PULSE_TM und die Mindestpausendauer BREAK_TM mit berücksichtigt (Bild 6-15). Ist der zugeordnete Endlagenschalter gesetzt, dann wird auch bei Handbetrieb der Ausgang gesperrt.

Sind beide Signalschalter zur Stellwertsignalbedienung gesetzt (LMNUP = LMNDN = TRUE bzw. LMNUP_OP = LMNDN_OP = TRUE), wird an den Ausgängen PLMNUP und QLMNDN immer FALSE ausgegeben.

Der direkte Wechsel von “Stellwertsignal Auf” (QLMNUP = TRUE, QLMNDN = FALSE) nach “Stellwertsignal Zu” (QLMNUP = FALSE, QLMNDN = TRUE) ist nicht möglich. Der Impulsformer fügt einen Zyklus mit QLMNUP = QLMNDN = FALSE ein.

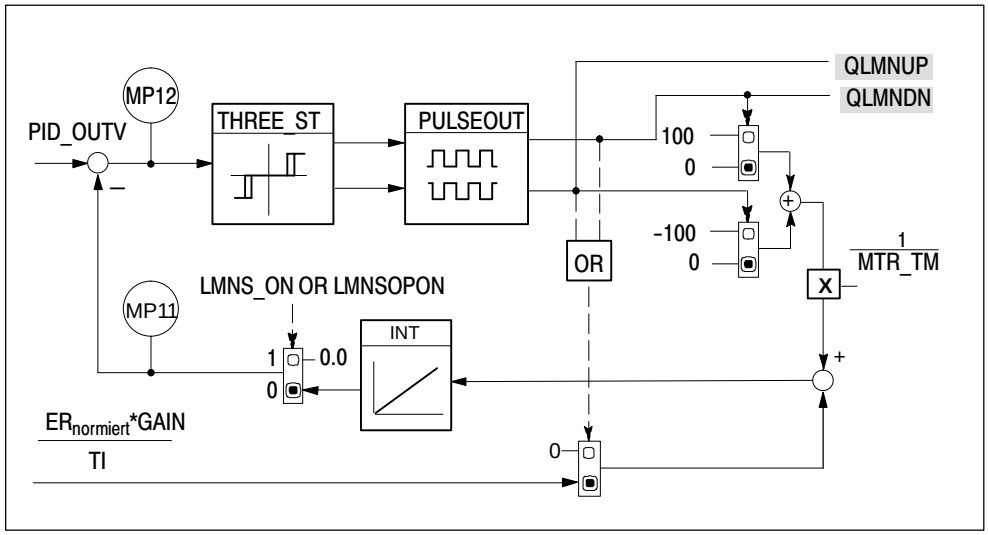


Bild 6-16 Erzeugung des binären Stellsignals beim Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung

Das Dreipunktglied mit Hysterese THREE_ST

Das Eingangssignal des Dreipunktgliedes wird durch die Abweichung zwischen den Werten vom PD-Anteil des Reglers und der Rückführgröße gebildet. An dessen Ausgang werden zwei Binärsignale erzeugt, die sich, je nach Größe und Vorzeichen des Differenzwertes, am Eingang im Zustand gesetzt bzw. rückgesetzt befinden.

Der Dreipunktschalter THREE_ST reagiert auf das Eingangssignal MP12 (PD-Anteil - Rückführung) entsprechend folgender Beziehungen (ThrOn = Einschaltschwelle, ThrOff = Ausschaltschwelle) und nimmt dabei jeweils eine der drei möglichen Kombinationen seiner Ausgangssignale UP/DOWN an (Bild 6-17):

UP	DOWN	Eingangskombination		
TRUE	FALSE	INV ≥ ThrOn	oder	INV > (ThrOff und UP_{alt} = TRUE)
FALSE	TRUE	INV ≤ ThrOn	oder	INV < (-ThrOff und $DOWN_{alt}$ = TRUE)
FALSE	FALSE	INV ≤ ThrOff		

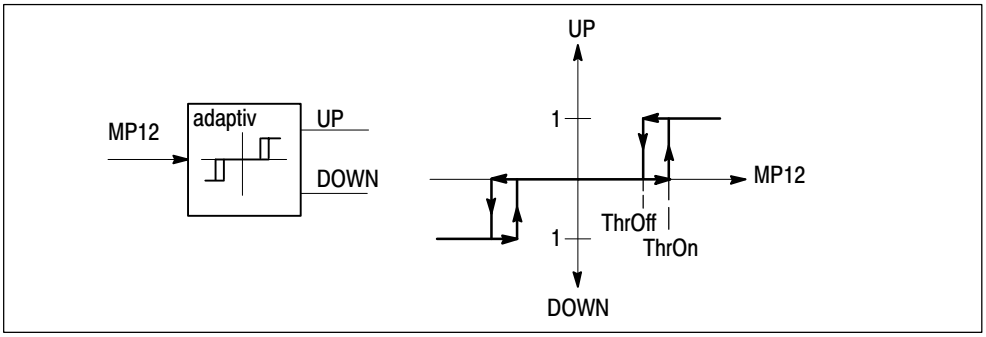


Bild 6-17 Funktionsschema des Dreipunktgliedes THREE_ST

Die Abschaltschwelle ThrOff muss größer sein als die Positionsänderung des Stellgliedes (in %) nach einer Impulsdauer. Dieser Wert ist abhängig von der Stellzeit des Motors MTR_TM und wird wie folgt berechnet:

$$\text{ThrOff} = 0.5 * \frac{110}{\text{MTR\_TM}} * \text{CYCLE}$$

Adaption der Ansprechschwelle ThrOn

Um bei der Ausregelung größerer Regeldifferenzen die Schalthäufigkeit zu reduzieren, wird die Ansprechschwelle +ThrOn während des Betriebes automatisch angepasst, während ThrOff konstant bleibt. ThrOn ist begrenzt auf:

$$\text{Min ThrOn} = \frac{100}{\text{MTR\_TM}} * \text{MAX (PULSE\_TM, CYCLE)}$$

$$\text{Max ThrOn} = 10$$

Die Adaption der Ansprechschwelle ist bei reinen P-, D- oder PD-Reglern abgeschaltet. Hierbei ist:

ThrOn = Min ThrOn.

Der Impulsformer PULSEOUT

Der Impulsformer hat die gleiche Funktionalität wie der Impulsformer beim Schrittregler mit Strellungsrückmeldung (*siehe Kapitel 6.2.5*).

Simulation der Stellungsrückmeldung

Steht keine Stellungsrückmeldung als messbare Größe zur Verfügung, so kann diese auch simuliert werden (LMNRS_ON = TRUE). Die Optimierung der PID-Reglerparameter mit Hilfe des Konfigurationswerkzeugs benötigt immer das Signal der Stellungsrückmeldung als Eingangsgröße.

Die Nachbildung der Stellungsrückmeldung geschieht durch einen Integrator mit der Motorstellzeit MTR_TM als Integrationszeitkonstante (Bild 6-18). Im Zustand LMNRS_ON = FALSE wird am Ausgang des Integrators LMNR_ SIM der Startwert des Parameters LMNRSVAL ausgegeben. Nach dem Umschalten von auf TRUE läuft die Simulation mit diesem Startwert an.

Ist LMNR_HS = TRUE, wird die Integration nach oben angehalten, ist LMNR_LS = TRUE, wird sie nach unten angehalten. Ein Abgleich der simulierten Stellungsrückmeldung an den Endlagen erfolgt nicht.

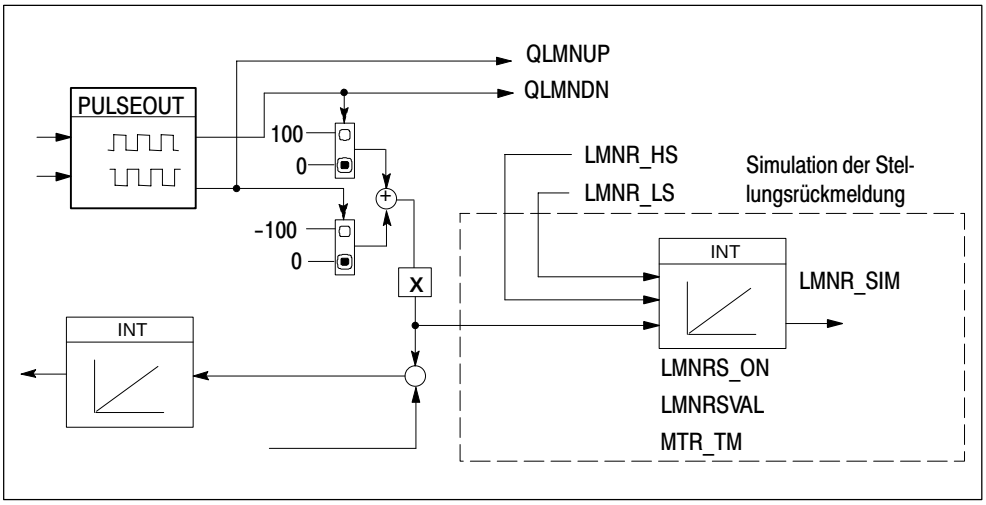


Bild 6-18 Simulation der Stellungsrückmeldung

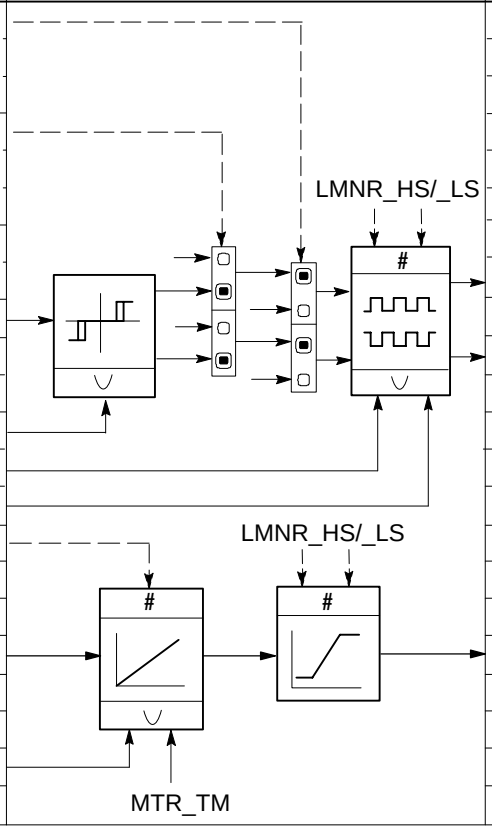
Hinweis

Die Stellungsrückmeldung wird lediglich simuliert. Sie muss nicht mit der wirklichen Position des Stellgliedes übereinstimmen. Ist eine reale Stellungsrückmeldung vorhanden, dann sollte diese in jedem Falle genutzt werden.

Parameter der Stellgrößenverarbeitung

Die Einstellwerte für die Parameter PULSE_TM und BREAK_TM müssen ein ganzzahliges Vielfaches der Zykluszeit CYCLE sein. Sind die Einstellwerte kleiner als CYCLE, so ist für die Mindestimpuls- und Mindestpausendauer die Zykluszeit CYCLE wirksam.

Eingangsparameter			THREE_ST, PULSEOUT, Simulation der Stellungsrückmeldung	Ausgangsparameter		
Parameter	Typ	*)		Signal	Typ	*)
LMNSOPON	BOOL	FALSE				
LMNUP_OP	BOOL	FALSE				
LMNDN_OP	BOOL	FALSE				
LMNS_ON	BOOL	TRUE				
LMNUP	BOOL	FALSE				
LMNDN	BOOL	FALSE				
LMNR_HS	BOOL	FALSE				
LMNR_LS	BOOL	FALSE		QLMNUP	BOOL	FALSE
MP12	REAL	0.0				
				QLMNDN	BOOL	FALSE
MTR_TM	TIME	T#30s				
PULSE_TM	TIME	T#3s				
BREAK_TM	TIME	T#3s				
LMNRS_ON	BOOL	FALSE				
inv	REAL			LMNR_SIM	REAL	
LMNRSVAL	REAL	0.0				



*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 6-19 Funktionsschema und Parameter der Stellsignalerzeugung beim Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung

6.4 Schrittregler in Kaskadenschaltungen

Auftrennung der Reglerkaskade

In einer Kaskade stehen mehrere Regler direkt miteinander in Beziehung. Sie müssen daher Vorkehrungen treffen, damit nach Auftrennung der Kaskadenstruktur an einer beliebigen Stelle der Kaskadenbetrieb problemlos wieder aufgenommen werden kann.

In Kaskadenregelungen wird deshalb in den unterlagerten Reglern über eine Oder-Logik aus den Zustandssignalen der Schalter im Sollwert- und Stellgrößenzweig ein Signal QCAS gebildet. Dieses Signal betätigt in den überlagerten Reglern einen Schalter, der die Regler in den Nachführbetrieb überführt. Die Nachführgröße ist dabei immer der Sollwert SP des unterlagerten Kreises (Bild 6-20).

Die Umschaltung vom Nachführ- in den Automatikbetrieb erfolgt stoßfrei wie bei der Hand- Automatikumschaltung.

Hinweis

Schrittregler (PID_ES) können in Kaskadenschaltungen nur als Folgeregler in unterlagerten Regelkreisen eingesetzt werden.

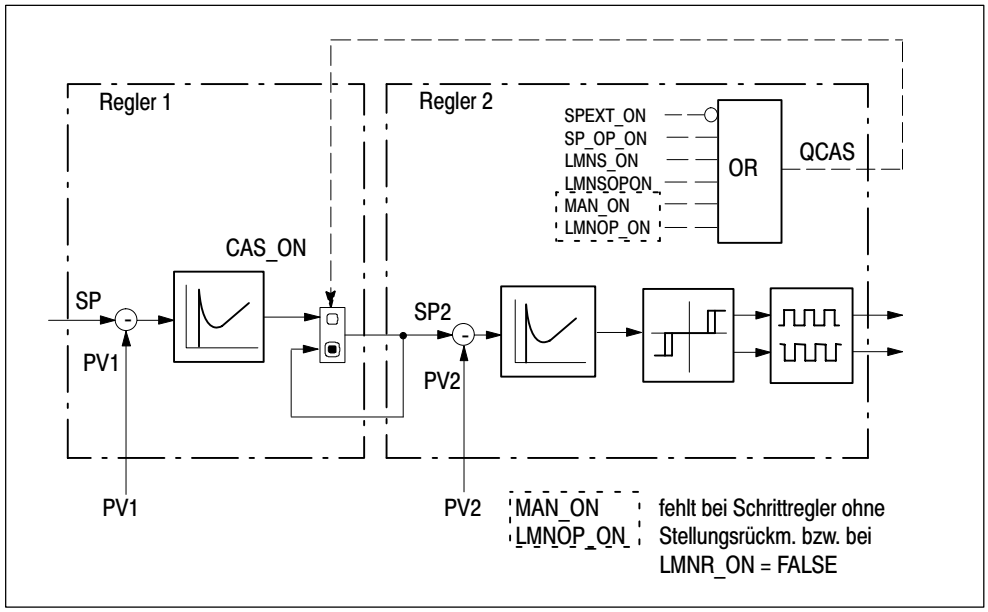


Bild 6-20 Zweischleifige Kaskadenregelung mit Schrittregler

Bausteinverschaltung

Nachstehendes Bild zeigt das Prinzip der Regler- bzw. Bausteinverschaltung in mehrschleifigen Kaskaden.

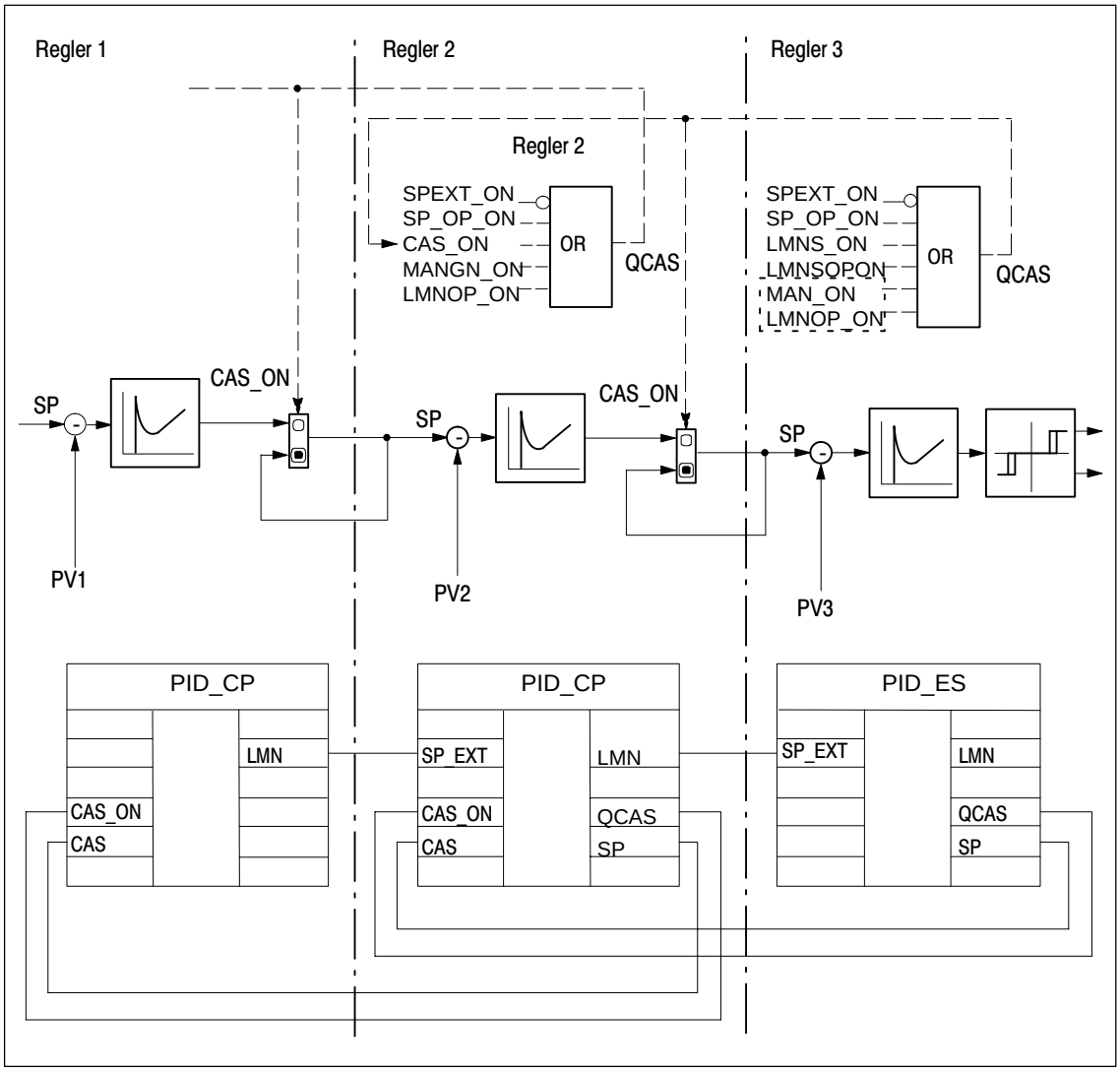


Bild 6-21 Verschaltung einer Kaskade mit zwei unterlagerten Regelkreisen und Schrittregler

Regleraufrufverteiler und Beispiele für Reglerkonfigurationen

7

7.1 Regleraufrufverteiler (LP_SCHED)

Anwendung

Der Regleraufrufverteiler LP_SCHED wird verwendet, wenn die Zahl der Weckalarme einer CPU nicht ausreicht, um die gewünschten (verschiedenen) Abtastzeiten zu realisieren. Er ermöglicht den Aufruf von bis zu 256 Regelkreisen mit Abtastzeiten, die ein ganzzahliges Vielfaches des Weckalarmzeittakts betragen.

Übersicht

Die Funktion “LP_SCHED” liest aus dem globalen Datenbaustein “DB_LOOP” die von Ihnen vorgegebenen Parameter, berechnet sich daraus die für die Aufrufverteilung notwendigen Variablen und legt diese wieder im DB “DB_LOOP” ab.

Sie müssen die FC “LP_SCHED” in einem Weckalarm-OB aufrufen. Danach müssen Sie in demselben Weckalarm-OB einen bedingten Aufruf aller zugehörigen Regelkreise programmieren. Die Bedingung für den Aufruf der einzelnen Regelkreise wird von der FC “LP_SCHED” ermittelt und im DB “DB_LOOP” hinterlegt. Der Aufruf der Regelkreis-FBs “PID_CP” bzw. “PID_ES” kann nicht durch die FC “LP_SCHED” erfolgen, da beim Aufruf der FBs deren Ein- und Ausgangsparameter belegt werden müssen.

Sie können im laufenden Betrieb den Aufruf einzelner Regelkreise manuell sperren und darüber hinaus einzelne Regelkreise rücksetzen.

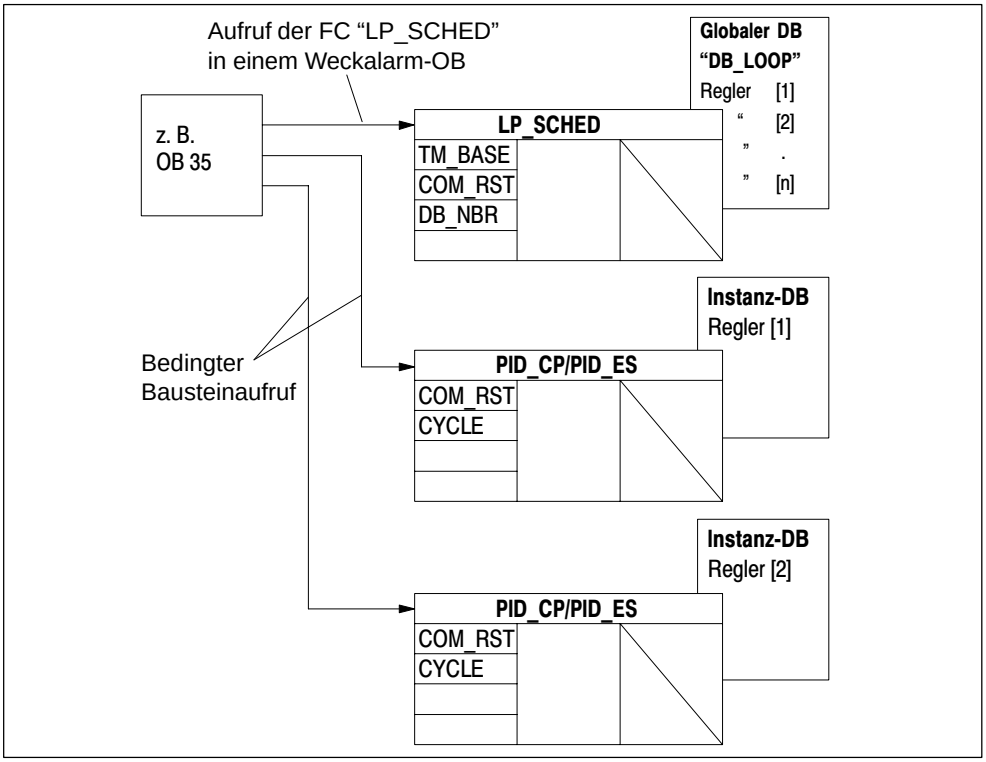


Bild 7-1 Prinzip des Regleraufrufs über den Aufrufverteiler LP_SCHED am Beispiel von zwei Regelkreisen

Aufbau des DB “DB_LOOP”

Tabelle 7-1 Globaler Datenbaustein ”DB_LOOP” für den Regleraufruf

Parameter	Typ	Werte-bereich	Beschreibung
GLP_NBR	INT	1...256	größte Regelkreisnummer
ALP_NBR	INT	1...256	aktuelle Regelkreisnummer
	Regelkreis Nr. 1		
MAN_CYC [1]	TIME	≥20ms	von Ihnen vorgegebene Abtastzeit
MAN_DIS [1]	BOOL		man. Regleraufruf sperren
MAN_CRST [1]	BOOL		man. Neustart setzen
ENABLE [1]	BOOL		Freigabe
COM_RST [1]	BOOL		Neustart
ILP_COU [1]	INT		interner Regelkreiszähler
CYCLE [1]	TIME	≥20ms	von der FC “LP_SCHED” berechnete Abtastzeit
	Regelkreis Nr. 2		
MAN_CYC [2]	TIME	≥20ms	von Ihnen vorgegebene Abtastzeit
MAN_DIS [2]	BOOL		man. Regleraufruf sperren
...	..		...

Kurze Übersicht:

- Sie müssen die Variablen GLP_NBR und MAN_CYC[x], x = 1, ... GLP_NBR parametrieren.
- MAN_DIS[x] dient zum Sperren des Aufrufs von Regelkreis x im laufenden Betrieb.
- MAN_CRST[x] dient zum Anstoß eines Initialisierungslaufs für den Regelkreis x im laufenden Betrieb.
- In die Variable ENABLE[x] trägt die FC “LP_SCHED” die Aufrufbedingung für den Regelkreis x ein.
- Die Variablen COM_RST[x] und CYCLE[x] werden von der FC “LP_SCHED” beschrieben. Sie dienen zur Verschaltung auf die Eingänge COM_RST und CYCLE der Regelkreis-FBs.
- Die Variablen ALP_NBR und ILP_COU[x] sind interne Variablen der FC “LP_SCHED”. Sie können Ihnen zur Beobachtung der Funktion “LP_SCHED” nützlich sein.

Parametrierung der Regleraufrufe im DB “DB_LOOP”

Sie müssen die Parametrierung des Regleraufrufverteilers ohne Unterstützung des Konfigurationswerkzeugs vornehmen, brauchen den DB “DB_LOOP” jedoch nicht komplett neu zu erstellen. Er ist als Kopiervorlage in der Bibliothek “Standard PID Control” enthalten.

Sie müssen die folgenden Variablen im DB “DB_LOOP” parametrieren:

- GLP_NBR: Anzahl der Regelkreise (bzw. Regelkreis-FBs), deren Aufruf von der FC “LP_SCHED” verwaltet wird (max. 256)
- MAN_CYC[x], x = 1, ... GLP_NBR: die von Ihnen gewünschte Abtastzeit für die einzelnen Regelkreise. Bitte beachten Sie dabei für jeden Regelkreis die unten angegebene Bedingung für MAN_CYC[x]. Sonst kann die parametrierte Abtastzeit nicht garantiert werden.

  Falls Sie für einen oder mehrere Regelkreise die zugehörigen Elemente des Feldes MAN_CYC im laufenden Betrieb ändern, wird diese Änderung mit dem nächsten Aufruf der FC “LP_SCHED” wirksam.

Hinzufügen weiterer Regelkreise

Wenn Sie einen oder mehrere Regelkreise in den DB “DB_LOOP” einfügen wollen, öffnen Sie diesen DB mit dem DB-Editor. Im Menü “Ansicht” wählen Sie die Deklarationssicht. Jetzt können Sie den ARRAY-Bereich der Variablen ändern, z. B. 1, ... 4 anstatt 1, ... 3. (Auf dieselbe Weise können Sie Regelkreise auch wieder entfernen.)

Nachdem Sie im Menü “Ansicht” wieder auf “Datensicht” umgeschaltet haben, müssen Sie nun die Variable GLP_NBR anpassen und die gewünschte Abtastzeit für jeden Regelkreis überprüfen (MAN_CYC[x], x = 1, ... GLP_NBR). Dabei ist wiederum die unten angegebene Bedingung für MAN_CYC einzuhalten.

Aufruf der FC “LP_SCHED” in Ihrem Programm

Die FC “LP_SCHED” müssen Sie vor allen Regelkreis-FBs aufrufen.

Bei der Wertzuweisung an die Eingangsparameter beachten Sie das Folgende:

- TM_BASE: An diesem Eingang geben Sie den Zeittakt des Weckalarm-OB an, in dem die FC “LP_SCHED” aufgerufen wird.
- COM_RST: Bei einem Anlauf der CPU müssen Sie die FC “LP_SCHED” einmal mit COM_RST = TRUE aufrufen. Sie macht dann einen Initialisierungslauf und nimmt dabei die unter “CPU-Anlauf” beschriebenen Vorbelegungen vor. Im zyklischen Betrieb (Weckalarm) müssen Sie die FC “LP_SCHED” mit COM_RST = FALSE aufrufen.
- DB_NBR: An diesem Eingang geben Sie die Nummer des DB “DB_LOOP” an, auf den die FC “LP_SCHED” zugreifen soll.

Nach dem Aufruf der FC “LP_SCHED” müssen Sie alle zugehörigen Regelkreis-FBs bedingt aufrufen. Die Bearbeitung eines Regelkreis-FB soll erfolgen, wenn das jeweilige ENABLE-Bit im DB “DB_LOOP” den Wert TRUE hat. Dieses Bit wurde von der FC “LP_SCHED” zuvor beschrieben. Falls der Regelkreis-FB bearbeitet wurde, müssen Sie dem ENABLE-Bit nach der Bearbeitung den Wert FALSE zuweisen.

Beim Aufruf der Regelkreis-FBs müssen Sie deren Eingangsparameter COM_RST und CYCLE mit den Variablen COM_RST[x] und CYCLE[x] des DB “DB_LOOP” verschalten. CYCLE[x] enthält die tatsächliche Abtastzeit des Regelkreises x und wird von der FC “LP_SCHED” bei jedem Durchlauf beschrieben. Falls Sie die im Folgenden genannte Bedingung für die Parametrierung der Variable MAN_CYC[x] beachtet haben, enthält CYCLE[x] denselben Wert wie MAN_CYC[x]. Andernfalls steht in CYCLE[x] der Wert, der sich ergibt, wenn man MAN_CYC[x] auf das nächste ganzzahlige Vielfache von TM_BASE * GLP_NBR abrundet.

Im Folgenden ist ein Beispiel zum Aufruf der FC “LP_SCHED” und zum bedingten Aufruf eines Regelkreis-FB angegeben.

AWL	
CALL “LP_SCHED”	
TM_BASE:=	**Hier wird der Zeittakt des Weckalarms parametriert. Bsp.: T#100ms oder #CYCLE mit CYCLE = Eingangsparameter des Bausteins, in dem die FC LP_SCHED aufgerufen wird.**
COM_RST:=	**Hier wird der FC “LP_SCHED” mitgeteilt, ob ein Initialisierungslauf der aufgerufenen Regelkreise stattfinden soll. Bsp.: FALSE oder #COM_RST mit COM_RST = Eingangsparameter des Bausteins, in dem die FC LP_SCHED aufgerufen wird.**
DB_NBR	**Hier wird die Nummer des DB “DB_LOOP” parametriert, den die FC “LP_SCHED” bearbeiten soll. Bsp.: “DB_LOOP” mit DB_LOOP = in der Symboltabelle vergebener Name des DB.**
U “DB_LOOP”.LOOP_DAT[1].ENABLE	
SPBN M002	**Regelkreisaufruf, falls ENABLE = TRUE**
CALL FBx,DBy	
COM_RST:= “DB_LOOP”.LOOP_DAT[1].COM_RST	
:	**Formaloperandenliste**
:	**Formaloperandenliste**
CYCLE:= “DB_LOOP”.LOOP_DAT[1].CYCLE	
:	**Formaloperandenliste**
:	**Formaloperandenliste**
CLR	
= “DB_LOOP”.LOOP_DAT[1].ENABLE	**ENABLE-Bit zurücksetzen**
M002:	**weiter im Programm, z. B. bedingter Aufruf des nächsten Regelkreis-FB**
:	

Impulsformer in Verbindung mit LP_SCHED

Wenn Sie beim kontinuierlichen Regler PID_CP den Impulsformer eingeschaltet haben, muss statt des Parameters CYCLE die Impulsrasterbreite CYCLE_P mit dem Parameter LOOP_DAT[x].CYCLE beschrieben werden.

Bedingung für die Parametrierung der Abtastzeit

Die FC “LP_SCHED” kann pro Aufruf maximal einen Regelkreis bearbeiten. Es vergeht daher die Zeit

TM_BASE * GLP_NBR,

bis die erstmalige Bearbeitung sämtlicher Regelkreise abgeschlossen ist. Bei der Parametrierung der gewünschten Abtastzeiten MAN_CYC[x] müssen Sie daher für jeden Regelkreis folgende Bedingung einhalten:

Die Abtastzeit des Regelkreises x muss ein ganzzahliges Vielfaches aus dem Produkt von Zeitbasis und der Anzahl der zu bearbeitenden Regler sein.

$$MAN\_CYC[x] \stackrel{!}{=} GV\ (TM\_BASE * GLP\_NBR),\ x = 1, \ldots\ GLP\_NBR$$

Die tatsächliche Abtastzeit CYCLE[x] des Regelkreises x wird von der FC “LP_SCHED” bei jedem Durchlauf aus MAN_CYC[x] wie folgt ermittelt:

- Falls Sie die obige Vorschrift eingehalten haben, ist die tatsächliche Abtastzeit CYCLE[x] mit der von Ihnen vorgegebenen Abtastzeit MAN_CYC[x] identisch.
- Falls Sie die obige Bedingung nicht eingehalten haben, steht in CYCLE[x] der Wert, der sich ergibt, wenn man MAN_CYC[x] auf das nächste ganzzahlige Vielfache von TM_BASE * GLP_NBR abrundet.

Beispiel für eine Aufrufverteilung

Das folgende Beispiel zeigt die Aufrufreihenfolge von vier Regelkreisen in einem Weckalarm-OB. Pro Einheit der Zeitbasis TM_BASE wird maximal ein Regelkreis bearbeitet. Die Aufrufreihenfolge ergibt sich aus der Reihenfolge der Regelkreisdaten im DB “DB_LOOP”.

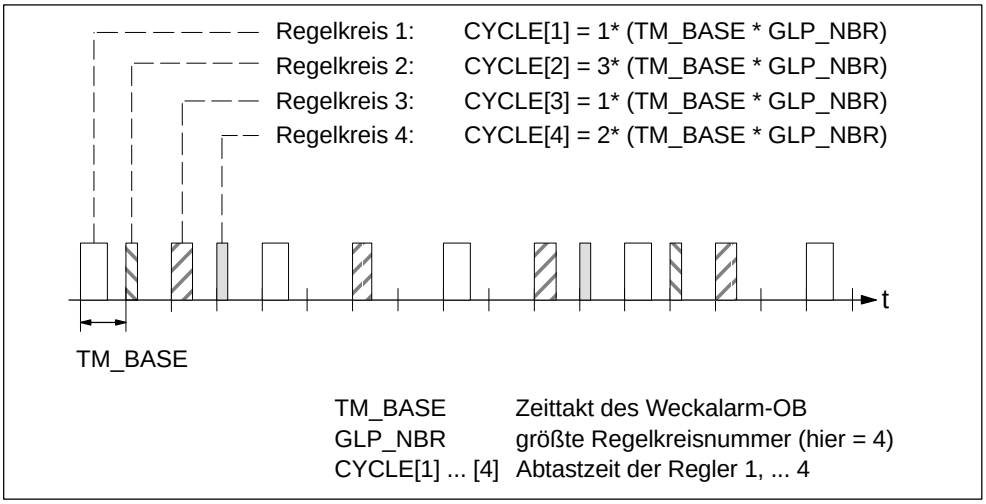

Regelkreis 1: CYCLE[1] = 1* (TM_BASE * GLP_NBR)
Regelkreis 2: CYCLE[2] = 3* (TM_BASE * GLP_NBR)
Regelkreis 3: CYCLE[3] = 1* (TM_BASE * GLP_NBR)
Regelkreis 4: CYCLE[4] = 2* (TM_BASE * GLP_NBR)
t
TM_BASE
TM_BASE Zeittakt des Weckalarm-OB
GLP_NBR größte Regelkreisnummer (hier = 4)
CYCLE[1] ... [4] Abtastzeit der Regler 1, ... 4

Bild 7-2 Aufrufreihenfolge von vier unterschiedlich häufig bearbeiteten Regelkreisen

Aufruf von mehr als einem Regelkreis-FB pro Weckalarmzeittakt

Wenn in einem Durchlauf eines Weckalarm-OB mehr als ein Regelkreis bearbeitet werden soll, dann darf die FC “LP_SCHED” auch mehrmals aufgerufen werden. Alle Aufrufe dieser FC müssen vor dem Aufruf der Regelkreis-FBs erfolgen. Am Eingangsparameter TM_BASE der FC “LP_SCHED” müssen Sie dann den Zeittakt des Wackalarm-OB dividiert durch die Anzahl der FC-Aufrufe eingeben.

Beispiel: Die FC LP_SCHED werde im OB 35 zweimal aufgerufen; der OB 35 werde alle 100 ms bearbeitet. Dann muss der Eingangsparameter TM_BASE mit 50 ms parametriert werden.

Laufzeiten

Bitte beachten Sie, dass die Summe der Laufzeiten der FC “LP_SCHED” und der Regelkreis-FBs, die in einem Durchlauf eines Weckalarm-OB bearbeitet werden, nicht größer sein darf als der Zeittakt des Weckalarm-OB.

Hinweis

Der Baustein überprüft weder, ob ein globaler DB mit der Nummer DB_NBR wirklich vorhanden ist, noch, ob der Parameter GLP_NBR (größte Regelkreisnummer) zur Länge des Datenbausteins passt. Bei inkorrekter Parametrierung geht die CPU mit ”internem Systemfehler” in STOP.

Bedienungen im laufenden Betrieb

Folgende Änderungen im DB “DB_LOOP” sind im laufenden Betrieb erlaubt, wenn dabei nur der jeweilige Parameter geändert und nicht der komplette DB auf die CPU geladen wird:

- Sperren einzelner Regelkreise

  Durch Beschreiben der Variable MAN_DIS[x] mit dem Wert TRUE wird die Bearbeitung des Regelkreises x im laufenden Betrieb gesperrt. Die FC “LP_SCHED” setzt das ENABLE-Bit dieses Regelkreises so lange nicht mehr auf TRUE, bis Sie MAN_DIS[x] wieder mit dem Wert FALSE beschreiben.

- Initialisieren eines Regelkreises

  Durch Beschreiben der Variable MAN_CRST[x] mit dem Wert TRUE können Sie einen einzelnen Regelkreis neu starten: In diesem Fall beschreibt die FC “LP_SCHED” bei der nächsten Bearbeitung des Regelkreises x die Variable COM_RST[x] mit TRUE. Bei der übernächsten Bearbeitung dieses Regelkreises beschreibt die FC “LP_SCHED” die Variablen MAN_CRST[x] und COM_RST[x] mit FALSE.

- Änderung der Abtastzeit eines Regelkreises

  Den Parameter MAN_CYC[x] des DB “DB_LOOP” dürfen Sie im laufenden Betrieb ändern.

Hinweis

Wird ein Regelkreis eingefügt oder gelöscht, d. h. wird der ganze DB “DB_LOOP” neu auf die CPU geladen, ohne dass die CPU einen Anlauf durchführen soll, dann müssen Sie die internen Regelkreiszähler ILP_COU[x], x = 1, ... GLP_NBR und den Parameter für die aktuelle Regelkreisnummer ALP_NBR mit Null vorbelegen.

CPU-Anlauf

Bei einem Anlauf der CPU müssen Sie die FC “LP_SCHED” aus dem zugehörigen Anlauf-OB heraus aufrufen und dabei dem Eingang COM_RST den Wert TRUE zuweisen. Im Weckalarm-OB müssen Sie diesem Eingang wieder den Wert FALSE zuweisen. Die FC “LP_SCHED” verfügt über eine Initialisierungsroutine, die gestartet wird, wenn der Eingangs-Parameter COM_RST den Wert TRUE hat. In diesem Initialisierungslauf werden die folgenden Vorbelegungen im DB “DB_LOOP” vorgenommen:

- Aktuelle Regelkreisnummer: ALP_NBR = 0
- Freigabe: ENABLE[x] = NOT MAN_DIS[x], x = 1, ... GLP_NBR
- Abtastzeit: CYCLE[x] erhält den Wert, der sich ergibt, wenn man MAN_CYC[x] auf das nächste ganzzahlige Vielfache von TM_BASE * GLP_NBR abrundet, x= 1, ... GLP_NBR
- Regelkreisinitialisierung: COM_RST[x] = TRUE, x = 1, ... GLP_NBR
- Interner Regelkreiszähler: ILP_COU[x] = 0, x = 1, ... GLP_NBR

Nach dem Aufruf der FC “LP_SCHED” im Anlauf-OB rufen Sie dort die Regelkreis-FBs bedingt auf, damit diese ihre Initialisierungen vornehmen.

Beobachtung der FC “LP_SCHED”

In die Variable ALP_NBR des DB “DB_LOOP” trägt die FC “LP_SCHED” die Nummer des nächsten zu bearbeitenden Regelkreises ein. Die Nummer des jeweiligen Regelkreises ergibt sich aus der Plazierung seiner Aufrufdaten in der Reihenfolge der Eintragungen im DB (siehe Tabelle 7-1).

Die Variable ILP_COU[x] ist der interne Regelkreiszähler der FC “LP_SCHED”. Er enthält die Zeitdauer bis zum nächsten Aufruf des entsprechenden Regelkreises. Die Zeiteinheit von ILP_COU ist das Produkt aus Zeitbasis TM_BASE und Anzahl der Regelkreise GLP_NBR. Ist ILP_COU = 0, dann setzt die FC “LP_SCHED” das ENABLE-Bit des betreffenden Regelkreises.

Wenn Regelkreise wider Erwarten nicht aufgerufen werden

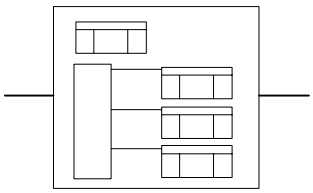
Wenn die Funktion “LP_SCHED” aufgerufen wird, aber einzelne Regelkreise nicht bearbeitet werden, kann dies folgende Ursachen haben:

- Durch Beschreiben der Variable MAN_DIS[x] mit dem Wert TRUE ist die Regelkreisbearbeitung im laufenden Betrieb gesperrt.
- Im Parameter GLP_NBR ist die Anzahl der FBs bzw. der Regelkreise, die von der FC “LP_SCHED” bearbeitet werden sollen, zu klein angegeben.
- Die von Ihnen vorgegebenen Abtastzeiten MAN_CYC[x] der einzelnen Regelkreise dürfen nicht kleiner sein als das Produkt aus Zeitbasis TM_BASE und Anzahl der Regelkreise GLP_NBR. Regelkreise, bei denen diese Bedingung verletzt wird, werden nicht bearbeitet.

Parameter der FC “LP_SCHED”

Die Funktion “LP_SCHED” steuert den Aufruf einzelner Regler innerhalb eines Weckalarm-OB.

Die Werte der Eingangsparameter werden im Baustein nicht begrenzt. Eine Prüfung der Parameter findet nicht statt.

Eingangsparameter			LP_SCHED	Ausgangsparameter		
Parameter	**Typ**	***)**		**Parameter**	**Typ**	
						
TM_BASE	TIME	100 ms				
COM_RST	BOOL	FALSE				
DB_NBR	BLOCK_DB	DB 1				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 7-3 Blockschaltbild und Parameter der Funktion LP_SCHED

7.2 Example1: Schrittregler mit Streckensimulation

Anwendung

Das Beispiel Example1 umfasst einen Standard-Schrittregler (PID_ES) in Verbindung mit einer simulierten Regelstrecke, die aus einem integrierenden Stellglied und einem nachgeschalteten Verzögerungsglied dritter Ordnung (PT3) besteht.

Mit Hilfe von Example1 ist es möglich, auf einfache Weise einen Schrittregler zu generieren und diesen in allen Eigenschaften im Offline-Zusammenspiel mit einer typischen Streckenanordnung zu parametrieren und zu erproben.

Das Beispiel ermöglicht es, die Arbeitsweise und Konfiguration von Reglern mit diskontinuierlichem Ausgang, wie sie bei der Regelung von Strecken mit motorischen Stellgliedern sehr häufig eingesetzt werden, leicht zu verstehen. Es ist deshalb auch für Einführungs- bzw. Schulungszwecke anwendbar.

Durch entsprechende Wahl ihrer Parameter nähern Sie die Strecke an die Eigenschaften des realen Prozesses an. Mit Hilfe des Konfigurationswerkzeugs kann dann durch Identifikation der Modellstrecke ein Satz von geeigneten Reglerkenndaten gefunden werden.

Funktionen von Example1

Das Beispiel Example1 setzt sich im Wesentlichen aus den beiden Funktionsbausteinen PID_ES und PROC_S zusammen. PID_ES verkörpert dabei den verwendeten Standard-Regler, und PROC_S simuliert eine Regelstrecke mit den Funktionsgliedern ”Ventil” und PT3 (Bild 7-4). Dem Regler werden dabei neben der Regelgröße Informationen über die Position des Stellgliedes und ggf. erreichte Anschlagsignale übermittelt.

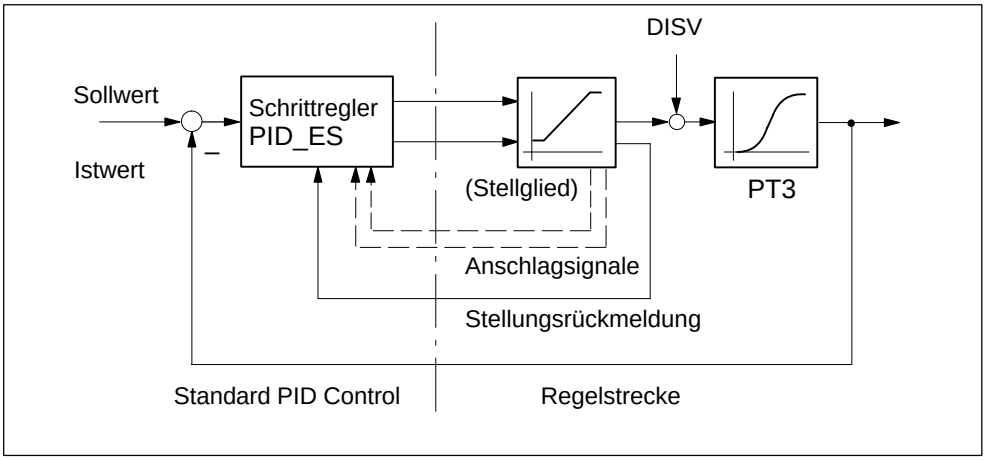


Bild 7-4 Beispiel Example1, Regelkreis

Der Funktionsbaustein PROC_S bildet eine Reihenschaltung nach, die aus dem integrierenden Stellglied und drei Verzögerungsgliedern 1. Ordnung besteht (Bild 7-5). Zum Ausgangssignal des Stellgliedes wird immer die Störgröße **DISV** hinzuaddiert, sodass an dieser Stelle Streckenstörungen manuell aufgeschaltet werden können. Über den Faktor **GAIN** lässt sich die statische Streckenverstärkung bestimmen.

Der Parameter für die Motorstellzeit **MTR_TM** definiert die Zeit, welche das Stellglied für den Durchlauf von Anschlag zu Anschlag benötigt.

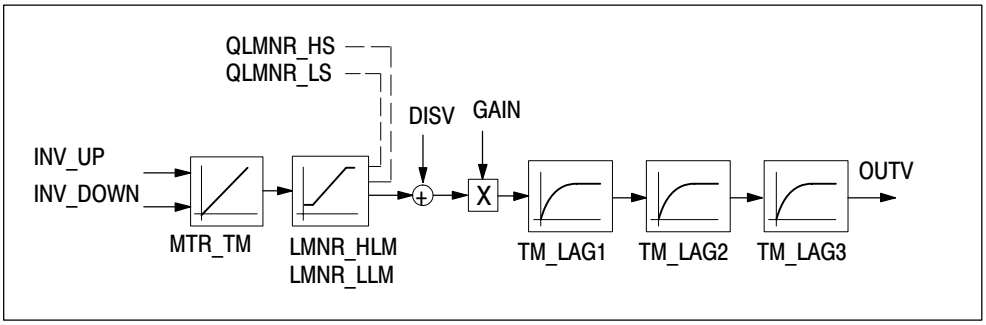


Bild 7-5 Aufbau und Parameter des Strecken-Bausteins PROC_S

Bausteinstruktur

Das Beispiel Example1 ist aus der Funktion APP_1, die die Bausteine für den Regler und die simulierte Strecke umfasst, sowie aus den Aufrufbausteinen für Neustart (OB 100) und eine Weckalarmebene (OB 35 mit 100 ms Zeittakt) zusammengesetzt.

Tabelle 7-2 Bausteine des Beispiels Example1

Baustein	**Name** (in der Symbolleiste)	**Beschreibung**
OB 100		Neustart-OB
OB 35		Zeitgesteuerter OB: 100 ms
FC 100	APP_1	Beispiel 1
FB 2	PID_ES	Schrittregler
FB 100	PROC_S	Strecke für Schrittregler
DB 100	PROCESS	Instanz-DB zu PROC_S
DB 101	CONTROL	Instanz-DB zu PID_ES

Den beiden Funktionsbausteinen (Bild 7-6) sind die Instanz-Datenbausteine DB 100 für die Strecke und DB 101 für den Regler zugeordnet.

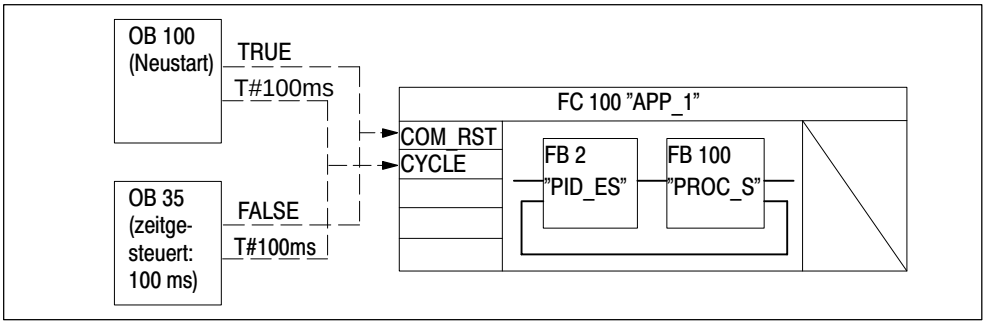


Bild 7-6 Bausteine des Beispiels 1: Verschaltung und Aufruf

Die Parameter des Streckenmodells

Die Parameter des Reglerbausteins PID_ES und ihre Bedeutung sind in Kapitel 6 beschrieben. Die Parameter des Streckenbausteins PROC_S sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 7-3 Parameter des Streckenbausteins "PROC_S" (DB100: FB100)

Parameter	Typ	Wertebereich	Beschreibung
INV_UP	BOOL		Eingangssignal auf (mehr)
INV_DOWN	BOOL		Eingangssignal ab (weniger)
COM_RST	BOOL		Neustart
CYCLE	TIME	≥ 1ms	Abtastzeit
DISV	REAL		Störgröße
GAIN	REAL		Streckenverstärkung
MTR_TM	TIME		Motorstellzeit
LMNR_HLM	REAL	LMNR_LLM ... 100.0 [%]	obere Grenze der Stellungsrückmeldung
LMNR_LLM	REAL	–100.0...LMNR_HLM [%]	untere Grenze der Stellungsrückmeldung
TM_LAG1	TIME	≥ CYCLE/2	Verzögerungszeit 1
TM_LAG2	TIME	≥ CYCLE/2	Verzögerungszeit 2
TM_LAG3	TIME	≥ CYCLE/2	Verzögerungszeit 3
OUTV	REAL		Ausgangsgröße
LMNR	REAL		Stellungsrückmeldung
QLMNR_HS	BOOL		Stellglied am oberen Anschlag
QLMNR_LS	BOOL		Stellglied am unteren Anschlag

Nach **Neustart** werden die Ausgangsgröße OUTV sowie alle internen Speichergrößen auf Null gesetzt.

Verschaltung und Aufruf des Beispiels Example1

Wie der Schrittregler über die Funktion FC 100 intern mit dem Streckenmodell zu einem Regelkreis verschaltet ist, geht aus Bild 7-7 hervor.

Selbstverständlich lässt sich durch Öffnen der Verbindung LMNR – LMNR_IN auch eine Schrittregelung ohne Stellungsrückmeldung realisieren.

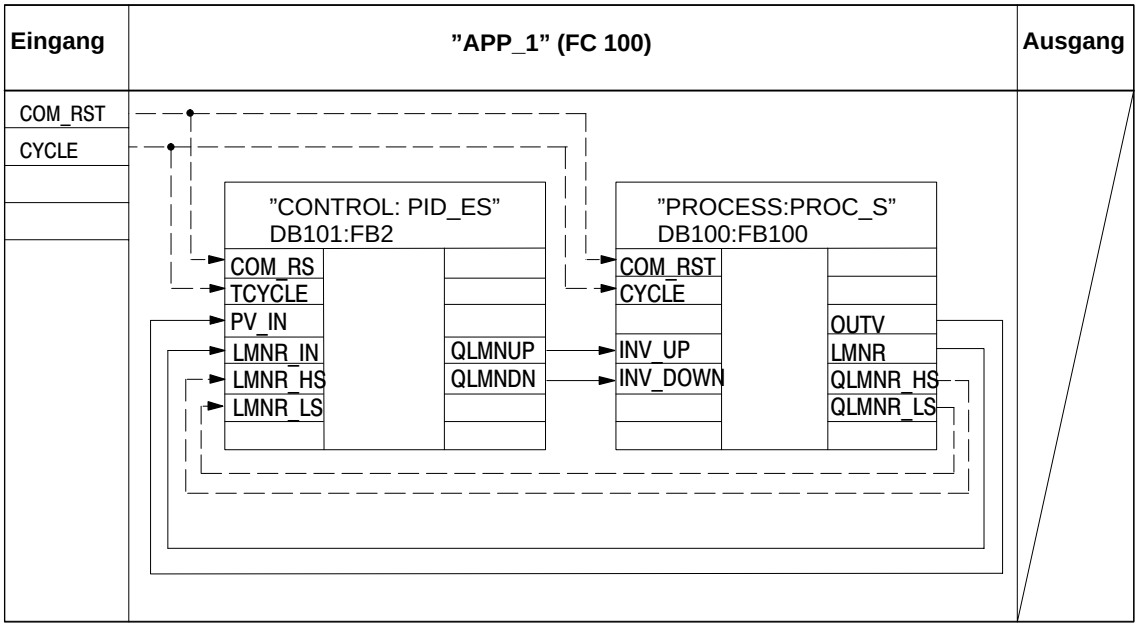
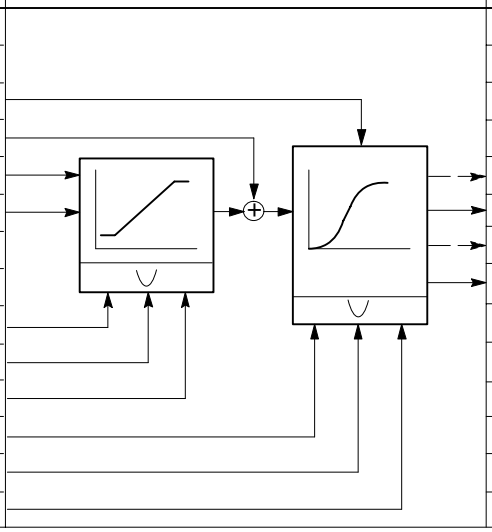


Bild 7-7 Verschaltung und Aufruf der FC 100 (APP_1)

Parameter der Modellregelstrecke für Schrittregler

Bild 7-8 zeigt das Funktionsschema und die Parameter der Regelstrecke.

Bei **Neustart** bzw. **Wiederanlauf** verhält sich die Regelung, wie in *Kapitel 3.5* beschrieben.

Eingangsparameter			PROC_S (FB 100)	Ausgangsparameter		
Parameter	**Typ**	***)**		**Signal**	**Typ**	***)**
COM_RST	BOOL	FALSE				
CYCLE	TIME	T#1s				
GAIN	REAL	0.0				
DISV	REAL	0.0				
INV_UP	BOOL	FALSE		QLMNR_HS	BOOL	FALSE
INV_DOWN	BOOL	FALSE		OUTV	REAL	0.0
				QLMNR_LS	BOOL	FALSE
				LMNR	REAL	0.0
LMNR_HLM	REAL	100.0				
LMNR_LLM	REAL	0.0				
MTR_TM	TIME	T#30s				
TM_LAG1	TIME	T#10s				
TM_LAG2	TIME	T#10s				
TM_LAG3	TIME	T#10s				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 7-8 Funktionsschema und Parameter des Streckenmodells PROC_S

Parameter und Sprungantwort

Anhand einer konkreten Parametrierung des Schrittreglers mit PI-Wirkung und eingeschalteter Totzone wird die Reaktion eines Regelkreises mit simulierter PT-Regelstrecke 3. Ordnung gezeigt. Die eingestellten Streckenparameter mit jeweils 10 s Verzögerungszeit bilden annähernd das Verhalten eines schnellen Temperaturprozesses oder einer Füllstandsregelung nach.

Einstellung einer der Verzögerungszeiten TM_LAGx = 0 s reduziert die Ordnung der Strecke um ein Grad.

Das Kurvendiagramm (Konfigurationswerkzeug) zeigt das Übergangs- und Einschwingverhalten des geschlossenen Regelkreises nach einer Sollwertänderung von 60 Prozent (Bild 7-9). Die Tabelle enthält die aktuell eingestellten Werte der relevanten Parameter für Regler und Strecke.

Parameter	Typ	Parametrierung	Beschreibung
Regler:			
CYCLE	TIME	100ms	Abtastzeit
GAIN	REAL	0.31	Proportionalbeiwert
TI	TIME	19.190s	Integrationszeit
MTR_TM	TIME	20s	Motorstellzeit
PULSE_TM	TIME	100ms	Mindestimpulsdauer
BREAK_TM	TIME	100ms	Mindestpausendauer
DEADB_ON	BOOL	TRUE	Totzone einschalten
DEADB_W	REAL	0.5	Totzonenbreite
Regelstrecke:			
GAIN	REAL	1.5	Streckenverstärkung
MTR_TM	TIME	20s	Motorstellzeit
TM_LAG1	TIME	10s	Verzögerungszeit 1
TM_LAG2	TIME	10s	Verzögerungszeit 2
TM_LAG3	TIME	10s	Verzögerungszeit 3

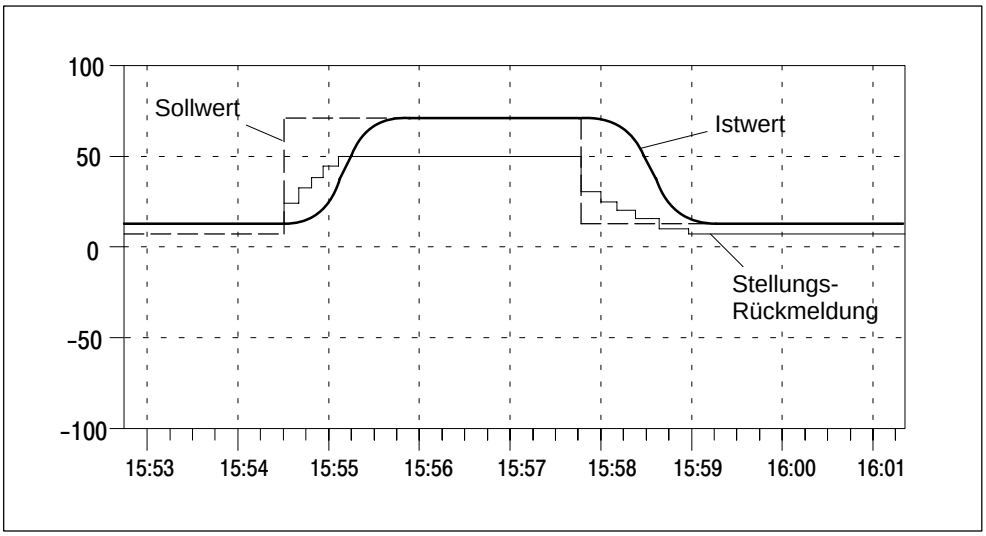


Bild 7-9 Regelkreis mit Schrittregler nach Sollwertsprung

7.3 Example2: Kontinuierlicher Regler mit Streckensimulation

Anwendung

Das Beispiel Example2 umfasst einen kontinuierlichen Standard-Regler (PID_CP) in Verbindung mit einer simulierten Regelstrecke, die aus einem Verzögerungsglied dritter Ordnung (PT3) besteht.

Mit Hilfe von Example2 ist es möglich, auf einfache Weise einen kontinuierlichen PID-Regler zu generieren und diesen in allen Eigenschaften im Offline-Zusammenspiel mit einer typischen Streckenanordnung zu parametrieren und zu erproben.

Das Beispiel ermöglicht es, die Arbeitsweise und Konfiguration von Reglern mit analogem Ausgangssignal, wie sie bei der Regelung von Strecken mit proportional wirkenden Stellgliedern eingesetzt werden, leicht zu verstehen. Es ist deshalb auch für Einführungs- bzw. Schulungszwecke anwendbar.

Nach Annäherung der Strecke an die Eigenschaften des realen Prozesses durch entsprechende Wahl ihrer Parameter kann durch Identifikation der Modellstrecke mit Hilfe des Konfigurationswerkzeugs ein Satz von geeigneten Reglerkenndaten gefunden werden.

Funktionen von Example2

Das Beispiel Example2 setzt sich im Wesentlichen aus den beiden Funktionsbausteinen PID_CP (FB 1) und PROC_C (FB 100) zusammen. PID_CP verkörpert dabei den verwendeten Standard-Regler, und PROC_C simuliert eine Regelstrecke mit Ausgleich dritter Ordnung (Bild 7-10).

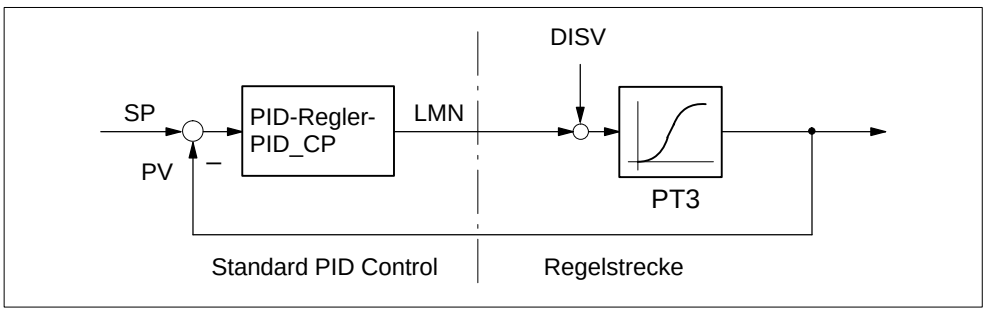


Bild 7-10 Beispiel Example2, Regelkreis

Der Funktionsbaustein PROC_C bildet eine Reihenschaltung aus drei Verzögerungsgliedern 1. Ordnung nach (Bild 7-11). Zum Ausgangssignal des Stellgliedes wird immer die Störgröße **DISV** hinzuaddiert, sodass an dieser Stelle Streckenstörungen manuell aufgeschaltet werden können. Über den Faktor **GAIN** lässt sich die statische Streckenverstärkung bestimmen.

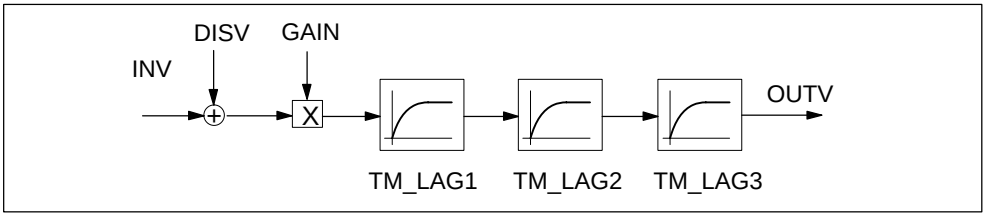


Bild 7-11 Aufbau und Parameter des Strecken-Bausteins PROC_C

Bausteinstruktur

Das Beispiel Exampel2 ist aus der Funktion APP_2, die die Bausteine für den Regler und die simulierte Strecke umfasst, sowie aus den Aufrufbausteinen für Neustart (OB 100) und eine Weckalarmebene (OB 35 mit 100 ms Zeittakt) zusammengesetzt.

Tabelle 7-4 Bausteine des Beispiels Example2

OB 100		Neustart-OB
OB 35		Zeitgesteuerter OB: 100 ms
FC 100	APP_2	Beispiel 2
FB 1	PID_CP	Kontinuierlicher PID-Regler
FB 100	PROC_C	Strecke für kontinuierlichen Regler
DB 100	PROCESS	Instanz-DB zu PROC_C
DB 101	CONTROL	Instanz-DB zu PID_CP

Den beiden Funktionsbausteinen (Bild 7-12) sind die Instanz-Datenbausteine DB 100 für die Strecke und DB 101 für den Regler zugeordnet.

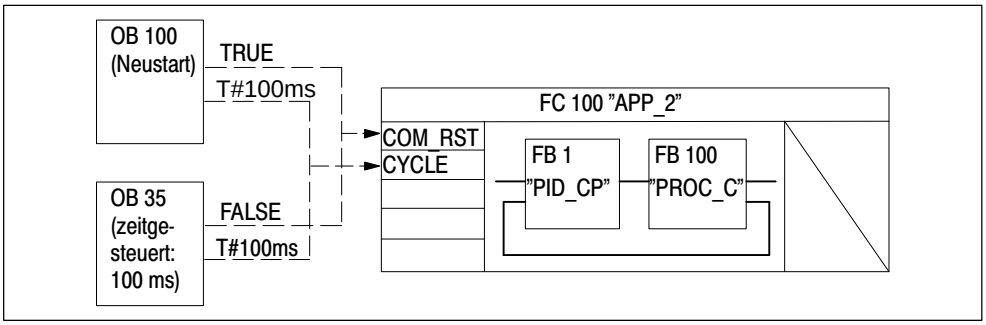


Bild 7-12 Bausteine des Beispiels Example2: Verschaltung und Aufruf

Die Parameter des Streckenmodells

Die Parameter des Reglerbausteins PID_CP und ihre Bedeutung sind in *Kapitel* 6 beschrieben. Die Parameter des Streckenbausteins PROC_C sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 7-5 Parameter des Streckenbausteins "PROC_C" (DB 100: FB 100)

Parameter	Typ	Wertebereich	Beschreibung
INV	REAL		Eingangsgröße
COM_RST	BOOL		Neustart
CYCLE	TIME	≥ 1ms	Abtastzeit
DISV	REAL		Störgröße
GAIN	REAL		Streckenverstärkungsfaktor
TM_LAG1	TIME	≥ CYCLE/2	Verzögerungszeit 1
TM_LAG2	TIME	≥ CYCLE/2	Verzögerungszeit 2
TM_LAG3	TIME	≥ CYCLE/2	Verzögerungszeit 3
OUTV	REAL		Ausgangsgröße

Verschaltung und Aufruf des Beispiels Example2

Wie der kontinuierliche Regler über die Funktion FC 100 intern mit dem Streckenmodell zu einem Regelkreis verschaltet ist, geht aus Bild 7-13 hervor.

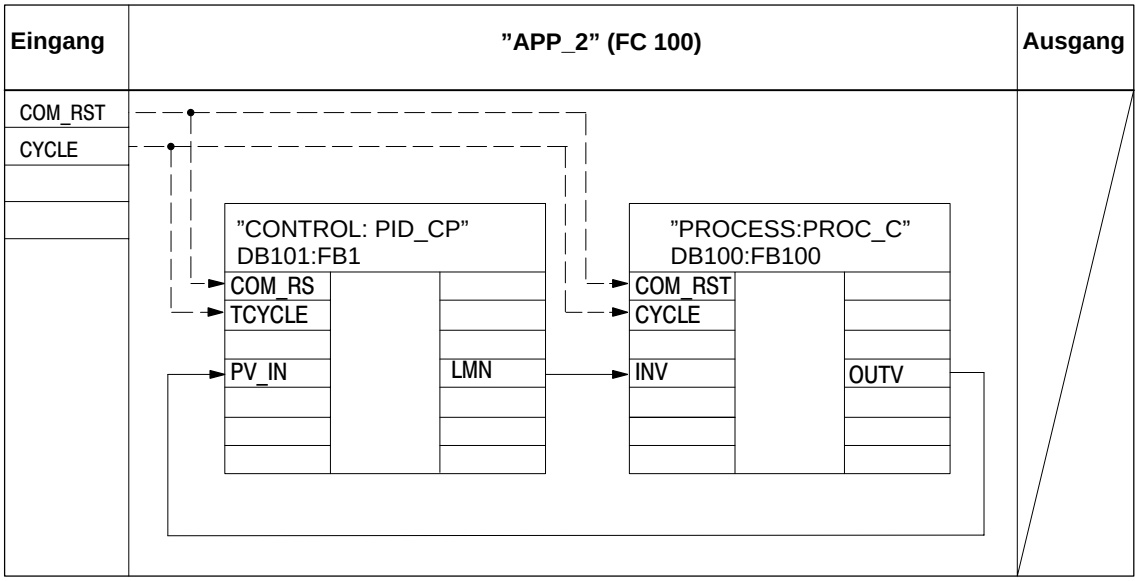
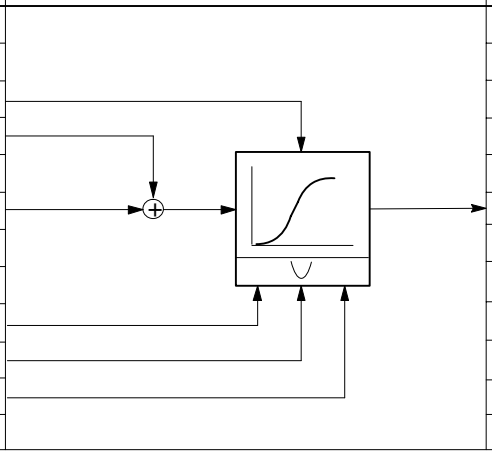


Bild 7-13 Verschaltung und Aufruf der FC 100 (APP_2)

Parameter der Modellregelstrecke für kontinuierliche Regler

Bild 7-14 zeigt das Funktionsschema und die Parameter der Regelstrecke.

Bei **Neustart** bzw. **Wiederanlauf** verhält sich die Regelung, wie in *Kapitel 3.5* beschrieben.

Eingangsparameter			PROC_C (FB 100)	Ausgangsparameter		
Parameter	**Typ**	***)**		**Signal**	**Typ**	***)**
COM_RST	BOOL	FALSE				
CYCLE	TIME	T#1s				
GAIN	REAL	0.0				
DISV	REAL	0.0				
INV	REAL	0.0		OUTV	REAL	0.0
TM_LAG1	TIME	T#10s				
TM_LAG2	TIME	T#10s				
TM_LAG3	TIME	T#10s				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 7-14 Funktionsschema und Parameter des Streckenmodells PROC_C

Parameter und Sprungantwort

Anhand einer konkreten Parametrierung eines kontinuierlichen Reglers mit PID-Wirkung wird die Reaktion eines Regelkreises mit simulierter PT-Regelstrecke 3. Ordnung gezeigt. Die eingestellten Streckenparameter mit jeweils 10 s Verzögerungszeit bilden annähernd das Verhalten einer Druckregelung oder einer Füllstandsregelung nach.

Einstellung einer der Verzögerungszeiten TM_LAGx = 0 s reduziert die Ordnung der Strecke um ein Grad.

Das Kurvendiagramm (Konfigurationswerkzeug) zeigt das Übergangs- und Einschwingverhalten des geschlossenen Regelkreises nach einer Reihe von Sollwertänderungen von jeweils 20 Prozent des Messbereiches (Bild 7-15). Die Tabelle enthält die aktuell eingestellten Werte der relevanten Parameter für Regler und Strecke.

Parameter	Typ	Parametrierung	Beschreibung
Regler:			
CYCLE	TIME	100ms	Abtastzeit
GAIN	REAL	0.31	Proportionalbeiwert
TI	TIME	22.720s	Integrationszeit
TD	TIME	5.974s	Differenzierzeit
TM_LAG	TIME	1.195s	Verzögerungszeit des D-Anteils
Regelstrecke:			
GAIN	REAL	1.5	Streckenverstärkung
TM_LAG1	TIME	10s	Verzögerungszeit 1
TM_LAG2	TIME	10s	Verzögerungszeit 2
TM_LAG3	TIME	10s	Verzögerungszeit 3

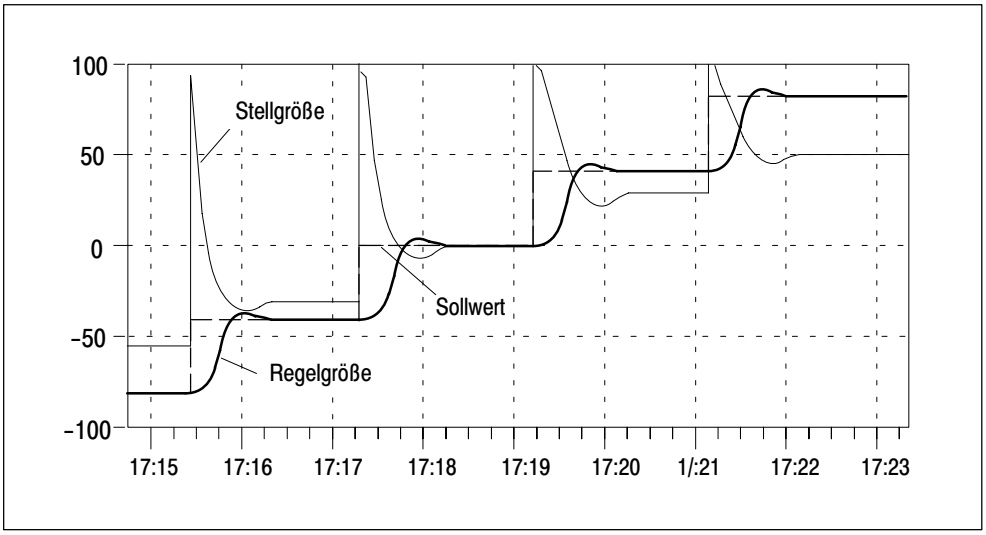


Bild 7-15 Regelung mit kontinuierlichem Regler und Sollwertsprüngen über den ganzen Messbereich

7.4 Example3: Mehrschleifige Verhältnisregelung

Anwendung

Das Beispiel Example3 enthält all die Bausteine, die zur Konfiguration einer zweischleifigen Verhältnisregelung erforderlich sind.

Mit Hilfe von Example3 ist es möglich, auf einfache Weise eine bei Verbrennungsprozessen häufig benötigte Verhältnisregelung für zwei Komponenten zu generieren. Die Struktur lässt sich leicht auf die Regelung von mehr als zwei Regelgrößen in konstantem Verhältnis zueinander erweitern.

Funktionen von Example3

Das Beispiel Example3 umfasst den Regleraufrufverteiler (LP_SCHED) mit zugehörigem globalen Datenbaustein (DB-LOOP) sowie den Funktionsbaustein (FB 1) für kontinuierliche Standard-Regler mit zwei Instanz-DBs für die Konfigurationsdaten der beiden Regler.

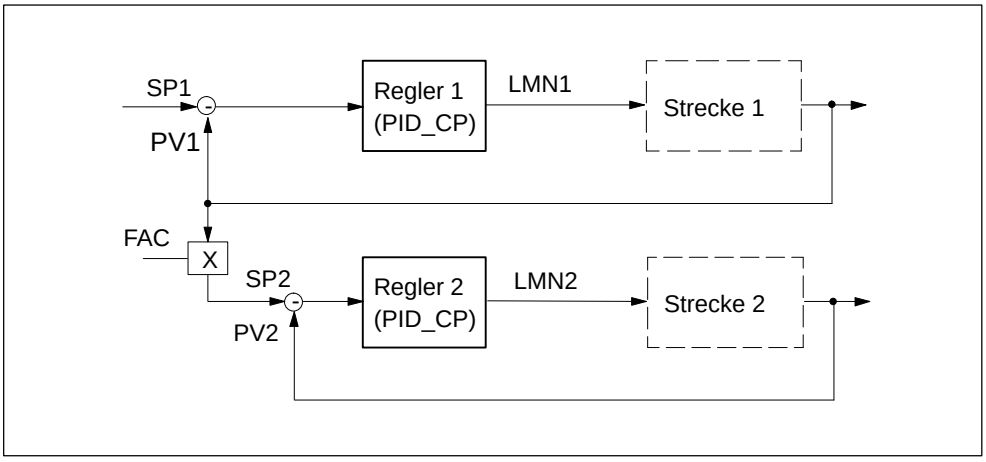


Bild 7-16 Verhältnisregelung mit zwei Regelkreisen (Example3)

Die Regler (Bild 7-16) werden über den Regleraufrufverteiler aus der Weckalarmebene mit 100 ms Zeittakt zu jeweils zyklischen Zeitpunkten aufgerufen.

Der Regler 1 wirkt dabei als Führungsregler für die Einstellung des Sollwertes zur Regelung der zweiten Prozessgröße. Dadurch bleibt das Verhältnis zwischen PV1 und PV2 auch dann konstant, wenn durch Störeinwirkungen die Prozessgröße PV1 dynamisch schwankt.

Bausteinstruktur

Das Beispiel Example3 ist aus der Funktion APP_3, die die Bausteine für den Aufrufverteiler und die beiden Regler umfasst, sowie aus den Aufrufbausteinen für Neustart (OB 100) und eine Weckalarmebene (OB 35 mit 100 ms Zeittakt) zusammengesetzt.

Tabelle 7-6 Bausteine des Beispiels Example3

Baustein	**Name** (in der Symbolleiste)	**Beschreibung**
OB 100		Neustart-OB
OB 35		Zeitgesteuerter OB: 100 ms
FC 100	APP_3	Beispiel 3
FC 1	LP_SCHED	Regleraufrufverteiler
FB 1	PID_CP	Kontinuierlicher PID-Regler
DB 1	DB_LOOP	Glob. DB für Aufrufdaten zu LP_SCHED
DB 100	CONTROL1	1. Instanz-DB zu PID_CP
DB 101	CONTROL2	2. Instanz-DB zu PID_CP

Dem Funktionsbaustein PID_CP (FB 1) sind die beiden Instanz-Datenbausteine DB 100 und DB 101 für die Realisierung der zweischleifigen Verhältnisregelung zugeordnet.

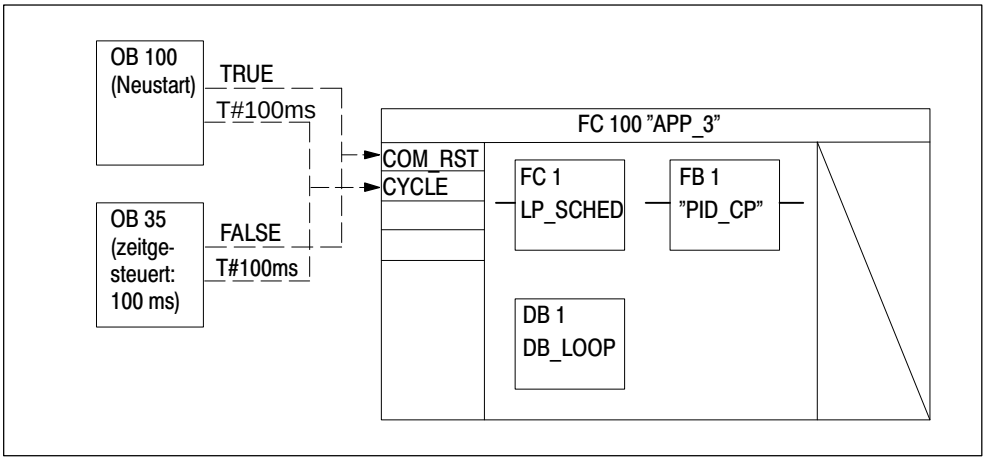


Bild 7-17 Bausteine des Beispiels Example3: Verschaltung und Aufruf

Parametrierung des Beispiels Example3

Wie die PID-Regler über die Funktion FC 100 intern mit dem Regleraufrufverteiler und untereinander verschaltet sind, geht aus Bild 7-18 hervor.

Bei **Neustart** bzw. **Wiederanlauf** verhält sich die Regelung, wie in *Kapitel 3.5* beschrieben.

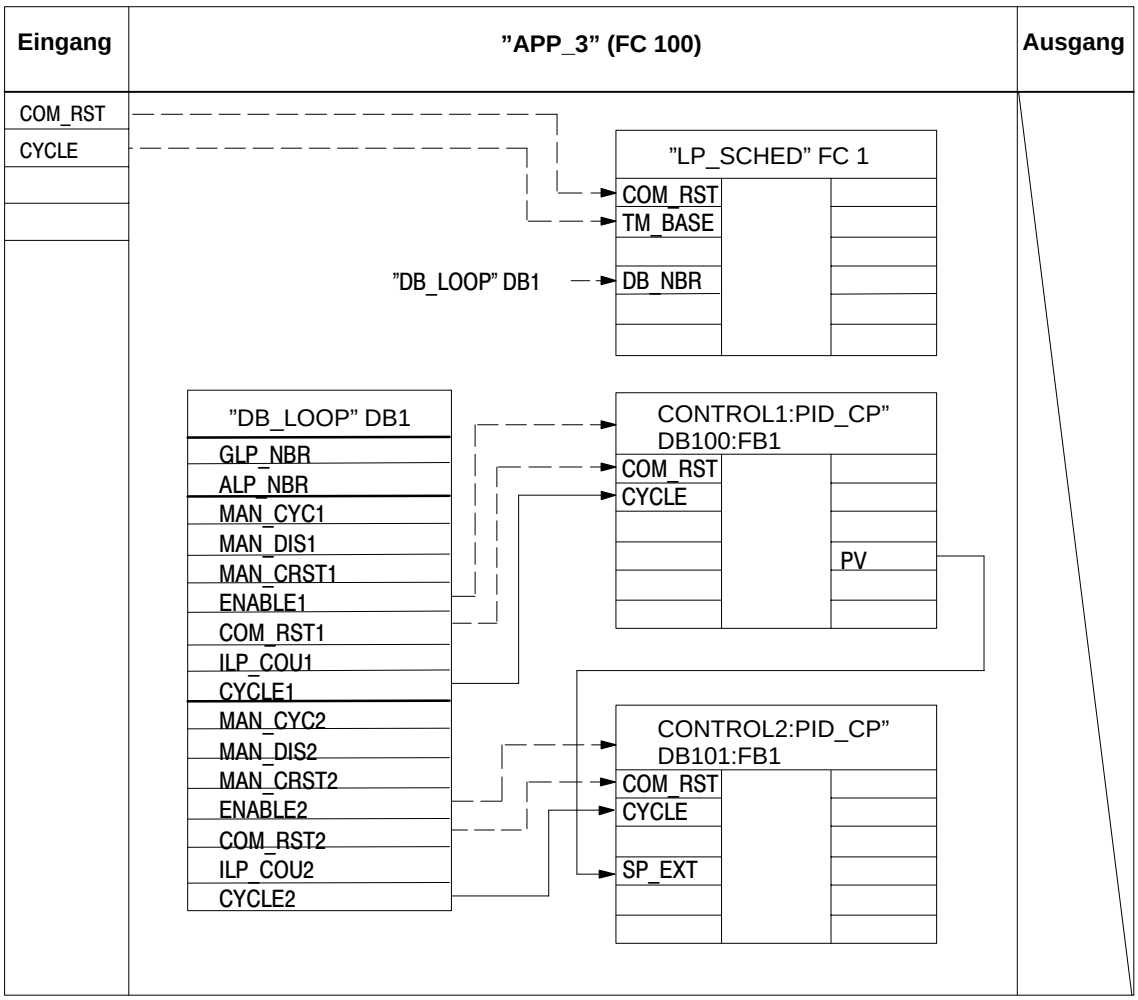


Bild 7-18 Schaltbild und Parameter der Funktion APP_3

7.5 Example4: Mischungsregelung

Anwendung

Das Beispiel Example4 enthält all die Bausteine, die zur Konfiguration einer Mischungsregelung mit einer Haupt- und zwei Nebenkomponenten benötigt werden.

Mit Hilfe von Example4 ist es möglich, auf einfache Weise eine bei Mischprozessen erforderliche Regelung der Gesamtmenge mit konstanten Anteilen der jeweils in die Mischung eingehenden Einzelmengen (für drei Komponenten) zu generieren. Die Struktur lässt sich leicht auf die Regelung von mehr als drei Mischkomponenten erweitern.

Funktionen von Example4

Das Beispiel Example4 enthält den Regleraufrufverteiler (LP_SCHED) mit zugehörigem globalen Datenbaustein (DB-LOOP) sowie den Funktionsbaustein (FB 1) für kontinuierliche Standard-Regler und den Funktionsbaustein (FB 2) für Schrittregler zusammen mit vier Instanz-DBs für die Konfigurationsdaten der vier Regler.

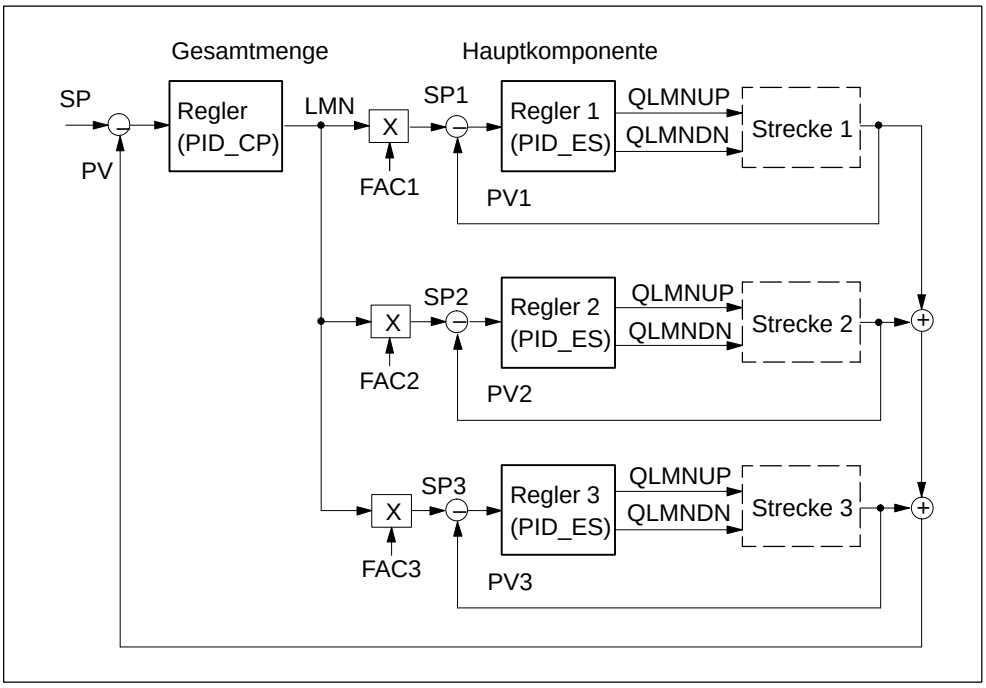


Bild 7-19 Mischungsregelung für drei Komponenten (Example4)

Die vier Regler werden über den Regleraufrufverteiler aus der Weckalarmebene mit 100 ms Zeittakt zu jeweils zyklischen Zeitpunkten aufgerufen.

Der Regler für die Gesamtmenge mit kontinuierlichem Ausgang (PID_CP) wirkt dabei als Führungsregler auf die Einstellung der Sollwerte, d. h. auf die Menge der jeweiligen Komponente. Die Mengen der Hauptkomponente und der zwei Nebenkomponenten werden in Example4 durch Schrittregler (PID_ES) entsprechend den Anteilseinstellungen an FAC1...3 geregelt. Dabei ist Bedingung, dass sich die für die Mischungsfaktoren FAC1...FAC3 parametrierten Werte zu 100 % addieren.

Bausteinstruktur

Das Beispiel Example4 ist aus der Funktion APP_4, die die Bausteine für den Aufrufverteiler und die vier Regler umfasst, sowie aus den Aufrufbausteinen für Neustart (OB 100) und eine Weckalarmebene (OB 35 mit 100 ms Zeittakt) zusammengesetzt.

Tabelle 7-7 Bausteine des Beispiels Example4

Baustein	**Name** (in der Symbolleiste)	**Beschreibung**
OB 100		Neustart-OB
OB 35		Zeitgesteuerter OB: 100 ms
FC 100	APP_4	Beispiel 4
FC 1	LP_SCHED	Regleraufrufverteiler
FB 1	PID_CP	Kontinuierlicher PID-Regler
FB 2	PID_ES	Schrittregler
DB 1	DB_LOOP	Glob. DB für Aufrufdaten zu LP_SCHED
DB 100	CONT_C1	Instanz-DB zu PID_CP
DB 101	CONT_S1	1. Instanz-DB zu PID_ES
DB 102	CONT_S2	2. Instanz-DB zu PID_ES
DB 103	CONT_S3	3. Instanz-DB zu PID_ES

Dem Funktionsbaustein PID_ES (FB 2) sind drei Instanz-Datenbausteine (DB 101, DB 102 und DB 103) für die Realisierung der Mengenregelungen der drei Einzelkomponenten zugeordnet.

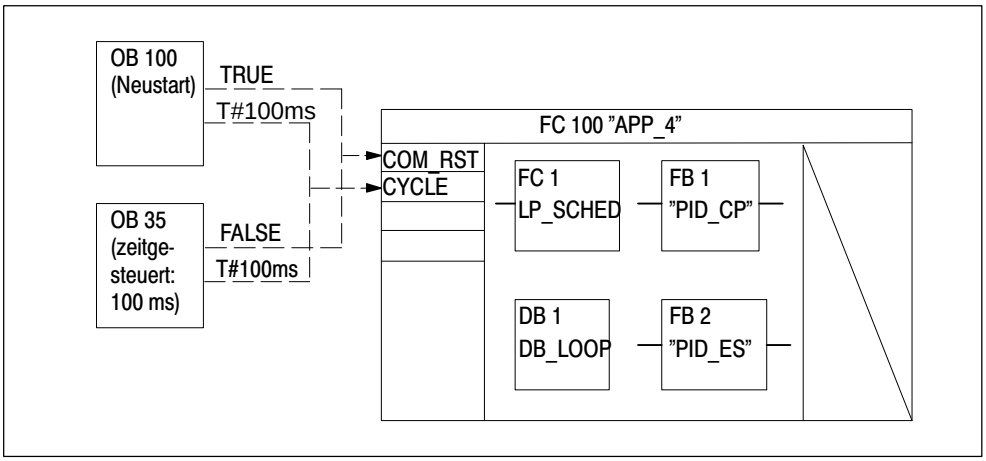


Bild 7-20 Bausteine des Beispiels Example4: Verschaltung und Aufruf

Parametrierung des Beispiels Example4

Wie die Regler über die Funktion FC 100 intern mit dem Regleraufrufverteiler und untereinander verschaltet sind, geht aus Bild 7-21 hervor.

Bei **Neustart** bzw. **Wiederanlauf** verhält sich die Regelung, wie in *Kapitel 3.5* beschrieben.

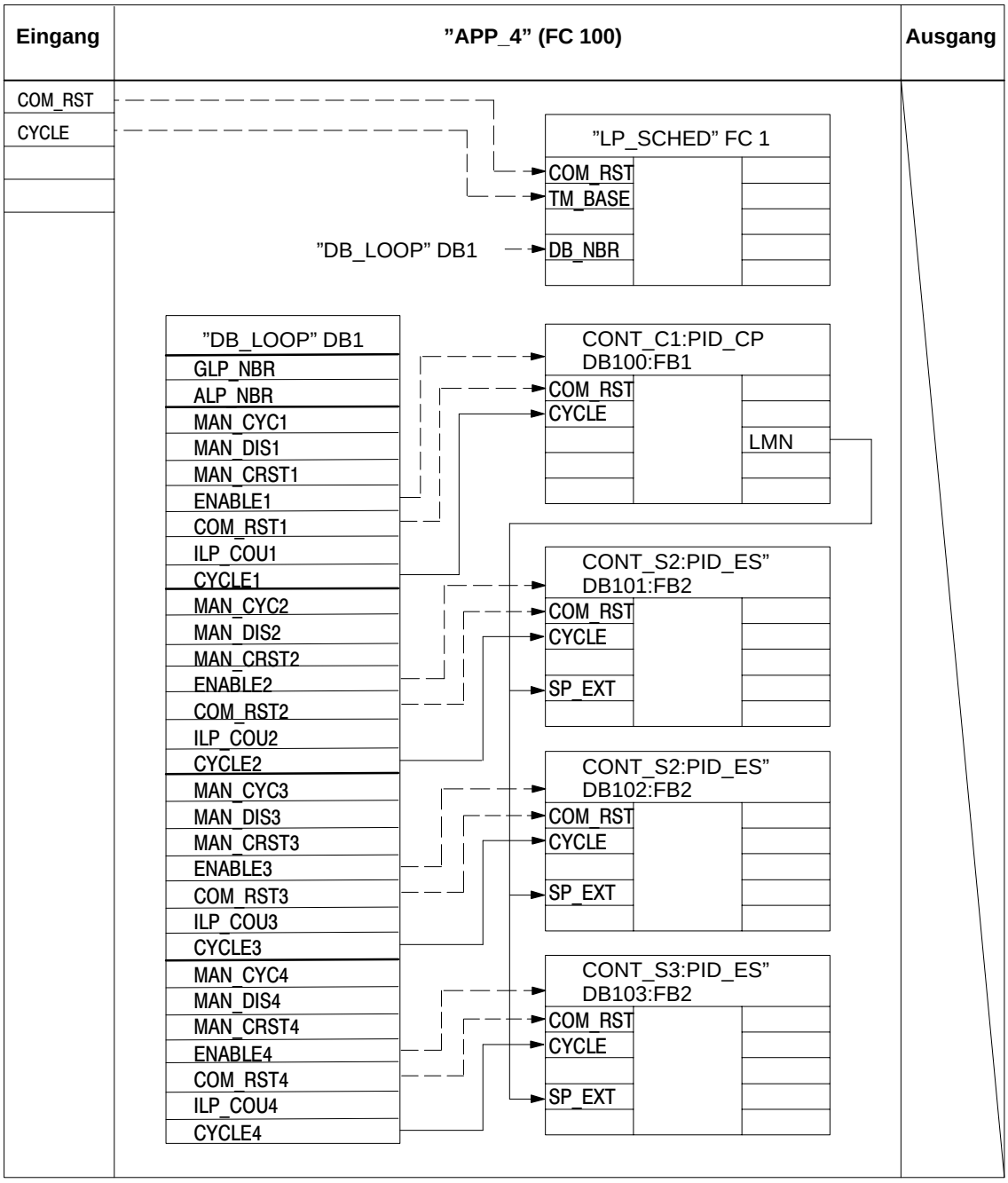


Bild 7-21 Schaltbild und Parameter der Funktion APP_4

7.6 Example5: Kaskadenregelung

Anwendung

Das Beispiel Example5 enthält alle die Bausteine, die zur Konfiguration einer Kaskadenregelung mit einer Haupt- und einer Hilfsregelgröße benötigt werden.

Mit Hilfe von Example5 ist es möglich, auf einfache Weise eine Kaskadenregelung mit einem Führungs- und einem Folgeregelkreis zu generieren. Die Struktur lässt sich leicht auf mehr als einen Folgeregelkreis erweitern.

Funktionen von Example5

Das Beispiel Example5 enthält den Regleraufrufverteiler (LP_SCHED) mit zugehörigem globalen Datenbaustein (DB-LOOP), die Funktionsbausteine FB 1 für den kontinuierlichen Standard-Regler (Führungsregler) sowie FB 2 für den Schrittregler (Folgeregler) mit den beiden Instanz-DBs für die Konfigurationsdaten der Regler.

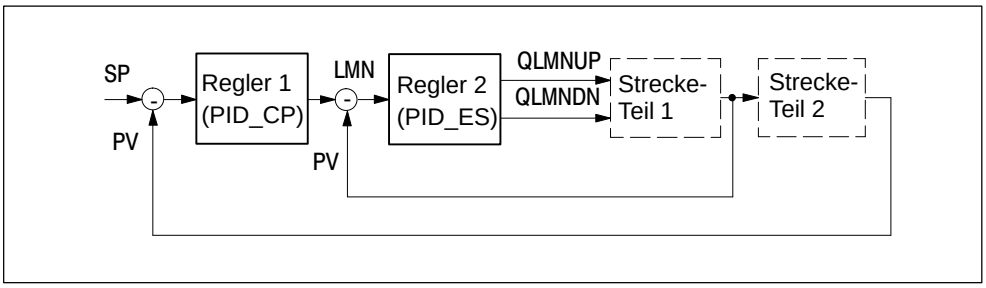


Bild 7-22 Zweischleifige Kaskadenregelung (Example5)

Die Regler werden über den Regleraufrufverteiler aus der Weckalarmebene mit 100 ms Zeittakt zu jeweils zyklischen Zeitpunkten aufgerufen.

Der Regler mit kontinuierlichem Ausgang (PID_CP) wirkt dabei als Führungsregler auf den Sollwert des Folgereglers in der Weise, dass die Hauptregelgröße am Ausgang von Streckenteil 2 auf dem Führungswert SP gehalten wird. Störungen, die auf den Streckenteil 1 einwirken, regelt der Schrittregler im Hilfsregelkreis (PID_ES) ohne Beeinflussung der Hauptregelgröße PV aus.

Bausteinstruktur

Das Beispiel Example5 ist aus der Funktion APP_5, die die Bausteine für den Aufrufverteiler und die beiden Regler umfasst, sowie aus den Aufrufbausteinen für Neustart (OB 100) und eine Weckalarmebene (OB 35 mit 100 ms Zeittakt) zusammengesetzt.

Tabelle 7-8 Bausteine des Beispiels Example5

Baustein	**Name** (in der Symbolleiste)	**Beschreibung**
OB 100		Neustart-OB
OB 35		Zeitgesteuerter OB: 100 ms
FC 100	APP_5	Beispiel 5
FC 1	LP_SCHED	Regleraufrufverteiler
FB 1	PID_CP	Kontinuierlicher PID-Regler
FB 2	PID_ES	Schrittregler
DB 1	DB_LOOP	Glob. DB für Aufrufdaten zu LP_SCHED
DB 100	CONT_C	Instanz-DB zu PID_CP
DB 101	CONT_S	Instanz-DB zu PID_ES

Den Funktionsbausteinen PID_CP und PID_ES sind jeweils der Instanz-Datenbaustein DB 100 Bzw. DB 101 zugeordnet

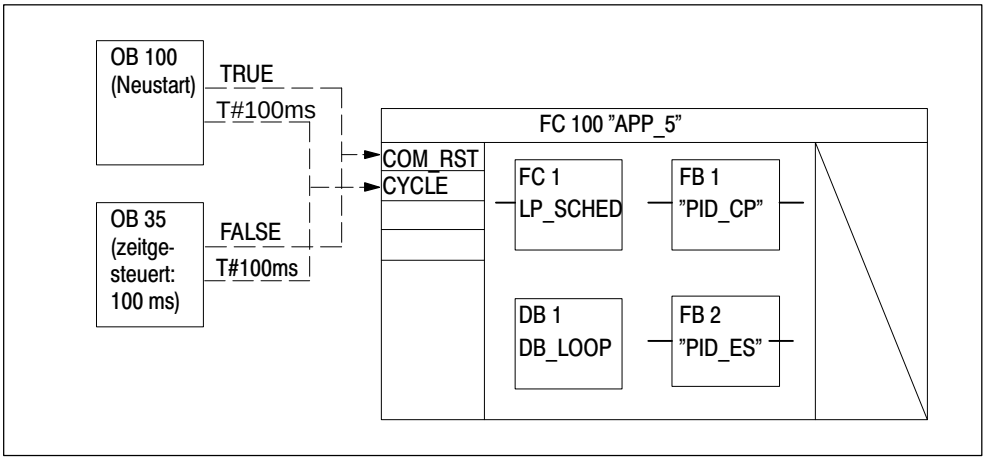


Bild 7-23 Bausteine des Beispiels Example5: Verschaltung und Aufruf

Parametrierung des Beispiels Example5

Wie die Regler über die Funktion FC 100 intern mit dem Regleraufrufverteiler und untereinander verschaltet sind, geht aus Bild 7-24 hervor.

Bei **Neustart** bzw. **Wiederanlauf** verhält sich die Regelung, wie in *Kapitel 3.5* beschrieben.

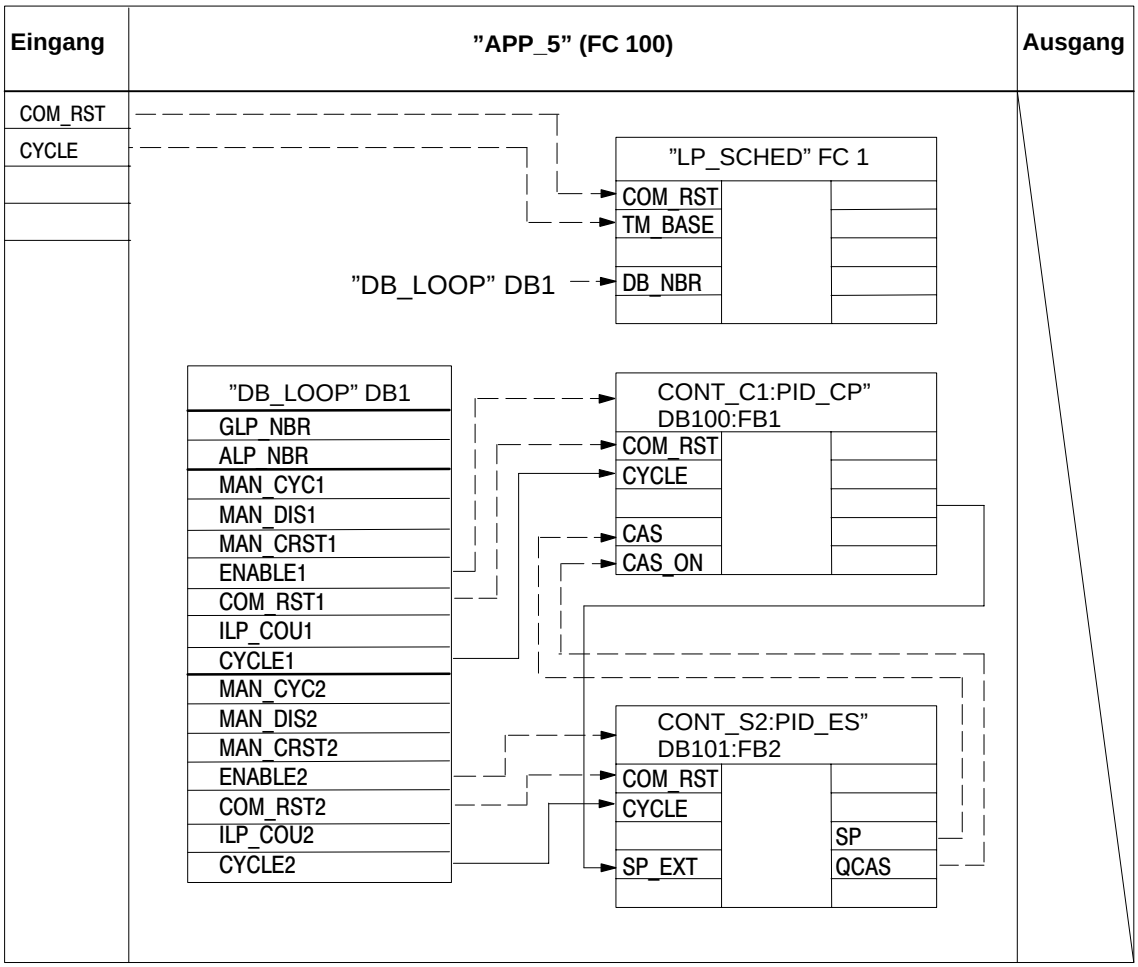


Bild 7-24 Schaltbild und Parameter der Funktion APP_5

7.7 Example6: Pulsegen: Kontinuierlicher Regler mit Impulsausgängen und Streckensimulation

Anwendung

Das Beispiel (Pulsegen) umfasst einen kontinuierlichen Regler (PID_CP) mit positivem und negativem Impulsausgang in Verbindung mit einer simulierten Regelstrecke, die aus einem Verzögerungsglied dritter Ordnung (PT3) besteht.

Mit Hilfe des Beispiels Pulsegen ist es möglich, auf einfache Weise einen kontinuierlichen PID-Regler mit Impulsausgängen zu generieren und diesen in allen Eigenschaften im Zusammenspiel mit einer typischen Streckenanordnung zu parametrieren und zu erproben.

Das Beispiel ermöglicht es, die Arbeitsweise und Konfiguration von Reglern mit binären Impulsausgängen, wie sie bei der Regelung von Strecken mit proportional wirkenden Stellgliedern eingesetzt werden, leicht zu verstehen. Solche Regler kommen z. B. bei Temperaturstrecken mit elektrischer Heizung zum Einsatz. Es ist deshalb auch für Einführungs- bzw. Schulungszwecke anwendbar.

Nach Annäherung der Strecke an die Eigenschaften des realen Prozesses durch entsprechende Wahl ihrer Parameter kann durch Identifikation der Modellstrecke mit Hilfe des Konfigurationswerkzeugs ein Satz von geeigneten Reglerkenndaten gefunden werden.

Funktionen von Example6

Das Beispiel Example6 setzt sich im Wesentlichen aus den beiden Funktionsbausteinen PID_CP (FB 1) und PROC_CP (FB 100) zusammen. PID_CP verkörpert dabei den verwendeten Regler einschließlich Impulsformer, und PROC_CP simuliert eine Regelstrecke mit Ausgleich dritter Ordnung (Bild 7-25).

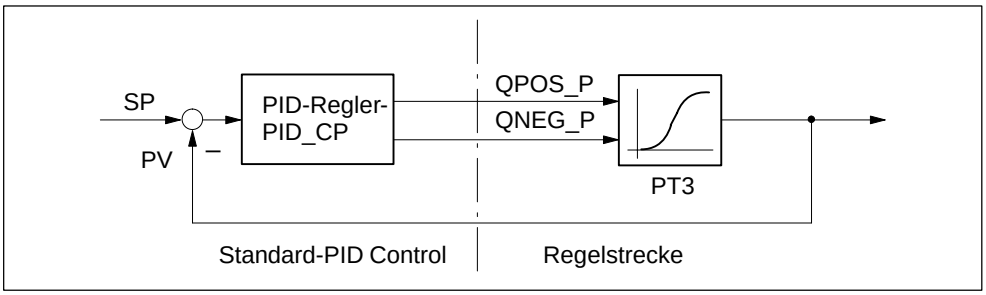


Bild 7-25 Beispiel Example6, Regelkreis

Der Funktionsbaustein PROC_CP bildet eine Reihenschaltung aus drei Verzögerungsgliern 1. Ordnung nach (Bild 7-26). Als Eingangssignal der Regelstrecke wirken nicht nur die Impulseingänge POS_P und NEG_P, sondern es wirkt als zusätzliches Eingangssignal die Störgröße **DISV**, sodass an dieser Stelle Streckenstörungen manuell aufgeschaltet werden können. Über den Faktor **GAIN** lässt sich die statische Streckenverstärkung bestimmen.

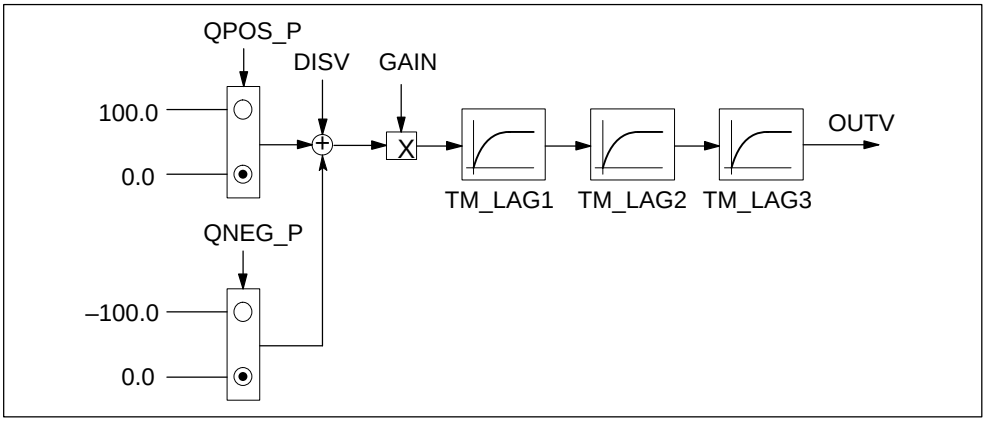


Bild 7-26 Aufbau und Parameter des Strecken-Bausteins PROC_CP

Bausteinstruktur

Das Beispiel Pulsegen ist aus der Funktion APP_Pulsegen, die die Bausteine für den Regler und die simulierte Strecke umfasst, sowie aus den Aufrufbausteinen für Neustart (OB 100) und eine Weckalarmebene (OB 35 mit 100 ms Zeittakt) zusammengesetzt.

Tabelle 7-9 Bausteine des Beispiels Example6

Baustein	Name (in der Symbolleiste)	Beschreibung
OB 100	RESTART	Neustart-OB
OB 35	CYC_INT1	Zeitgesteuerter OB: 100 ms
FC 100	APP_Pulsegen	Beispiel 6
FB 1	PID_CP	Kontinuierlicher PID-Regler mit Impulsformer
FB 100	PROC_CP	Strecke für kontinuierlichen Regler mit Impulseingängen
DB 100	PROCESS	Instanz-DB zu PROC_C
DB 101	CONTROL	Instanz-DB zu PID_CP

Die beiden Funktionsbausteine (Bild 7-27) sind die Instanz-Datenbausteine PROCESS DB 100 für die Strecke und CONTROL DB 101 für den Regler zugeordnet.

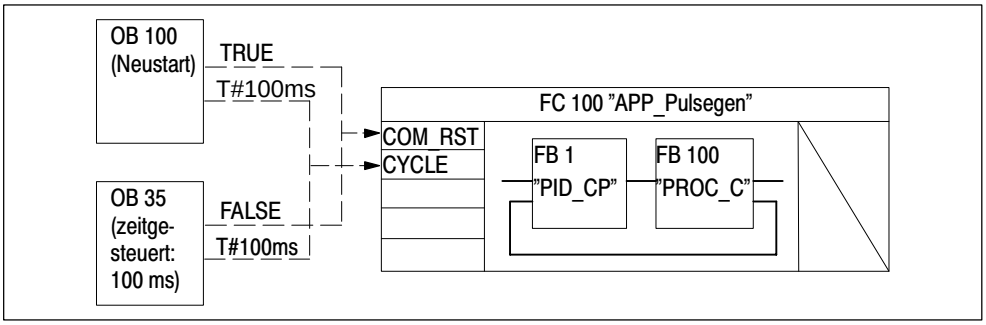


Bild 7-27 Bausteine des Beispiels Example6: Verschaltung und Aufruf

Die Parameter des Streckenmodells

Die Parameter des Reglerbausteins PID_CP und ihre Bedeutung sind in Kapitel 6 beschrieben. Die Parameter des Streckenbausteins PROC_CP sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 7-10 Parameter des Streckenbausteins "PROC_CP" (DB 100: FB 100)

Parameter	Typ	Wertebereich	Beschreibung
DISV	REAL		Störgröße
GAIN	REAL		Streckenverstärkungsfaktor
TM_LAG1	TIME	≥ CYCLE/2	Verzögerungszeit 1
TM_LAG2	TIME	≥ CYCLE/2	Verzögerungszeit 2
TM_LAG3	TIME	≥ CYCLE/2	Verzögerungszeit 3
POS_P	BOOL		Positiver Impuls
NEG_P	BOOL		Negativer Impuls
COM_RST	BOOL		Neustart
CYCLE	TIME	≥ 1ms	Abtastzeit
OUTV	REAL		Ausgangsgröße

Verschaltung und Aufruf von Example6

Wie der kontinuierliche Regler über die Funktion FC 100 intern mit dem Streckenmodell zu einem Regelkreis verschaltet ist, geht aus Bild 7-28 hervor.

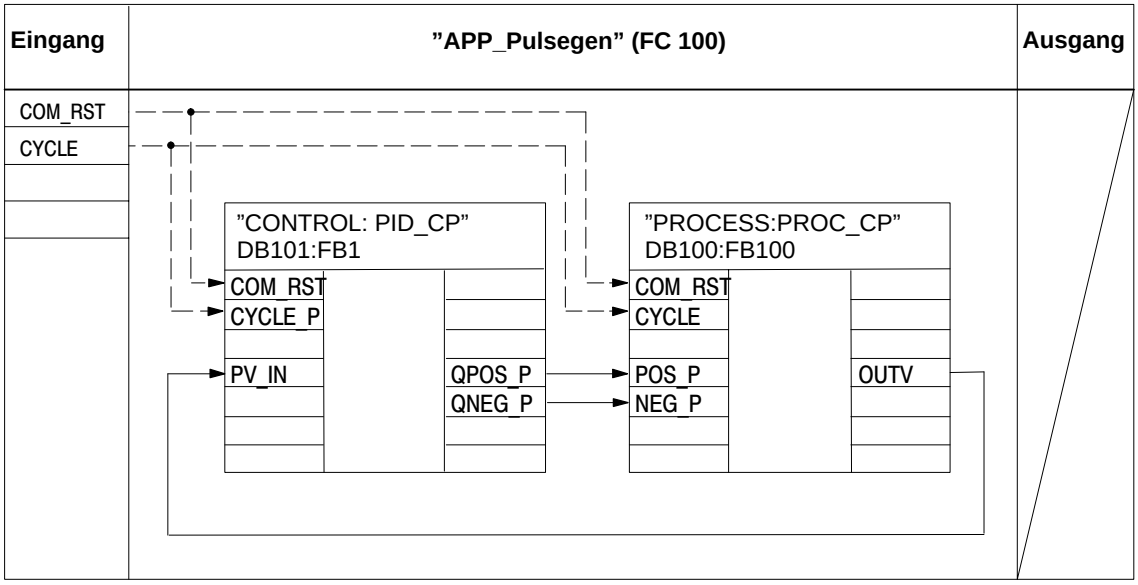


Bild 7-28 Verschaltung und Aufruf der FC 100 (APP_Pulsegen)

Parameter der Modellregelstrecke für kontinuierliche Regler

Bild 7-29 zeigt das Funktionsschema und die Parameter der Regelstrecke.

Bei **Neustart** bzw. **Wiederanlauf** verhält sich die Regelung, wie in *Kapitel 3.5* beschrieben.

Eingangsparameter			PROC_CP (FB 100)	Ausgangsparameter		
Parameter	**Typ**	***)**		**Signal**	**Typ**	***)**
COM_RST	BOOL	FALSE				
CYCLE	TIME	T#1s				
GAIN	REAL	0.0				
DISV	REAL	0.0				
POS_P	BOOL	FALSE		OUTV	REAL	0.0
NEG_P	BOOL	FALSE				
TM_LAG1	TIME	T#10s				
TM_LAG2	TIME	T#10s				
TM_LAG3	TIME	T#10s				

*) Vorbelegung bei Neuerstellung des Instanz-DB

Bild 7-29 Funktionsschema und Parameter des Streckenmodells PROC_CP

Parameter und Sprungantwort

Anhand einer konkreten Parametrierung eines kontinuierlichen Reglers mit PID-Wirkung wird die Reaktion eines Regelkreises mit simulierter PT-Regelstrecke 3. Ordnung gezeigt. Die eingestellten Streckenparameter mit jeweils 10 s Verzögerungszeit realisieren eine schnellere Regelstrecke, als es bei einer Temperaturregelung in der Praxis entspricht. Anhand der relativ schnellen Strecke lässt sich jedoch die Funktion des Reglers schneller testen. Durch Änderung der Verzögerungszeitkonstanten kann die Eigenschaft der simulierten Strecke jedoch einfach an eine reale Regelstrecke angenähert werden.

Das Kurvendiagramm (Konfigurationswerkzeug) zeigt das Übergangs- und Einschwingverhalten des geschlossenen Regelkreises nach einer Reihe von Sollwertänderungen von jeweils 20 % des Messbereichs (Bild 7-30). Dabei ist die kontinuierliche Stellgröße des Reglers abgebildet, nicht die Impulsausgänge. Die Tabelle enthält die aktuell eingestellten Werte der relevanten Parameter für Regler und Strecke.

Parameter	Typ	Parametrierung	Beschreibung
Regler:			
CYCLE	TIME	1s	Abtastzeit des Reglers
CYCLE_P	TIME	100ms	Abtastzeit
GAIN	REAL	1.535	Proportionalbeiwert
TI	TIME	22.720s	Integrationszeit
TD	TIME	5.974s	Differenzierzeit
TM_LAG	TIME	1.195s	Verzögerungszeit des D-Anteils
Regelstrecke:			
GAIN	REAL	1.5	Streckenverstärkung
TM_LAG1	TIME	10s	Verzögerungszeit 1
TM_LAG2	TIME	10s	Verzögerungszeit 2
TM_LAG3	TIME	10s	Verzögerungszeit 3

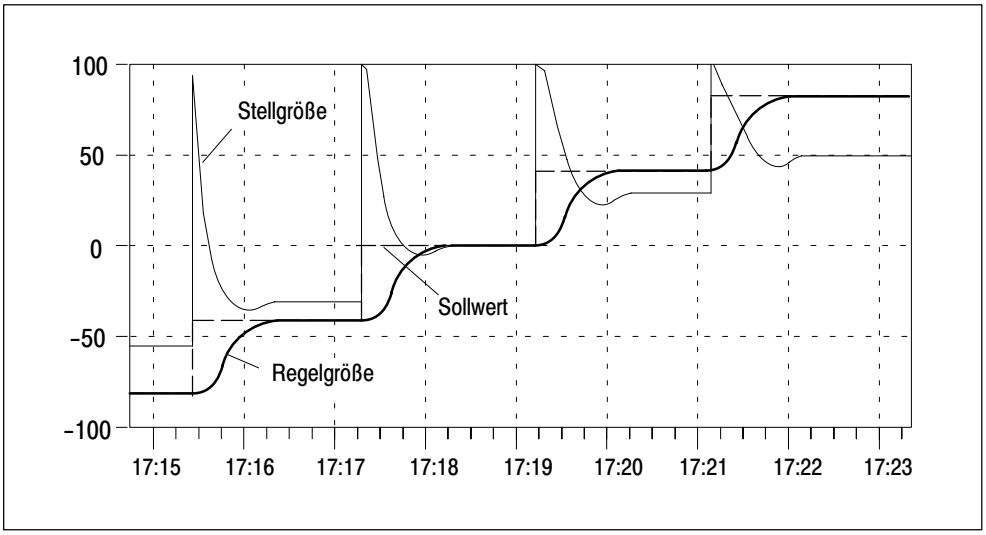


Bild 7-30 Regelung mit kontinuierlichem Regler mit Impulsausgängen und Sollwertsprüngen über den ganzen Messbereich

Technische Daten und Blockschaltbilder 8

8.1 Technische Daten: Funktionsbausteine

CPU-Belastung

Um die Belastung einer bestimmten CPU durch die Installation von Standard PID Control abschätzen zu können, gibt es folgende Anhaltspunkte:

- Für eine beliebig Anzahl von Reglern muss im Anwenderspeicher der CPU der Regler-FB nur einmal vorhanden sein.
- Pro Regler benötigen Sie einen DB mit ca. 0,5 KByte
- Eckdaten für typische Laufzeiten (Bearbeitungszeiten) der Bausteine bei Parametrierung gemäß der Vorbelegung im Regelbetrieb:

Bausteinname	Randbedingungen	Bearbeitungszeit (in ms) CPU 315-2AG10	Bearbeitungszeit (in ms) CPU 416-2XK02
PID_CP	typische Randbedingungen	1,3	0,14
PID_ES	ohne Stellungsrückmeldung, typische Randbedingungen	1,5	0,16

Arbeitsspeicher-Belegung

Die Größe des erforderlichen Bereichs im Anwenderspeicher und damit die Anzahl der Regelkreise, die aufgrund der verfügbaren Speicherkapazität theoretisch installiert werden könnten, ist folgenden Tabellen zu entnehmen:

Bausteinname		Ladespeicherbedarf	Arbeitsspeicherbedarf	Lokaldaten
PID_CP	FB 1	8956 Bytes	7796 Bytes	122 Bytes
PID_ES	FB 2	9104 Bytes	7982 Bytes	152 Bytes
LP_SCHED	FC 1	1064 Bytes	976 Bytes	20 Bytes

Instanz-DB bzw. Globaler DB	Ladespeicherbedarf	Arbeitsspeicherbedarf
DB zu PID_CP	1168 Bytes	510 Bytes
DB zu PID_ES	1124 Bytes	484 Bytes
DB_LOOP (bei 5 Regelkreisen)	184 Bytes	100 Bytes
DB_RMPSK (mit Startpunkt und 4 Stützstellen)	142 Bytes	78 Bytes

Abtastzeit

Die kleinste einstellbare Abtastzeit ist abhängig von der Leistungsklasse der eingesetzten CPU.

Hinweis

Die begrenzte Rechengenauigkeit schränkt die realisierbare Abtastzeit nach unten ein. Bei kleiner werdender Abtastzeit nehmen die Konstanten der Algorithmen immer kleinere Zahlenwerte an. Dies kann zu einer falschen Berechnung der Stellgröße führen.

Empfehlung:

S7-300: Abtastzeit ≥ 20 ms

S7-400: Abtastzeit ≥ 5 ms

Regler-Aufrufverhalten

Abhängig von der Abtastzeit muss die Bearbeitung des Funktionsbausteins für einen bestimmten Regelkreis in konstanten Zeitabständen aufgerufen werden. Das Betriebssystem der S7 ruft die Weckalarm-OBs zyklisch auf.

Die Abtastzeit und die Weckalarmzeit müssen übereinstimmen.

8.2 Blockschaltbilder von Standard PID Control

Konventionen zu Parameter- und Blocknamen

Für die Bezeichnungen der Parameter- und Blocknamen wurden nicht mehr als acht Zeichen gewählt. Dies spart Schreibarbeit bei der Implementierung unter SPEP 7-AWL bzw. -SCL und erlaubt eine platzsparende Darstellung der Parameterfelder auf dem Bildschirm.

Die Bezeichnungen orientieren sich in erster Linie an den Bedürfnissen des internationalen Marktes und an der Norm IEC 1131-3. Für die Parameterbezeichnungen von Standard PID Control gelten folgende Konventionen:

SP	setpoint	Sollwert, Führungsgröße
PV	process variable	Istwert (Messwert), Regelgröße
ER	error signal	Regeldifferenz
LMN	manipulated variable	Stellgröße (auszugebendes analoges Stellsignal)
DISV	disturbance variable	Störgröße
MAN	manual value	Hand(stell)wert
CAS	cascade	Kaskade
SQRT	square root	Quadratwurzel
.._ROC	rate of change	Steigung (Änderungsgeschwindigkeit)
Q..	(Q steht für 'O')	allgemeiner Ausgang vom Typ BOOL
.._INT	(internal value)	intern
.._EXT	(external value)	extern
.._ON		boolsche Größe = Schaltsignal
..URLM	uprate limit	Anstiegsbegrenzung
..DRLM	downrate limit	Abstiegsbegrenzung

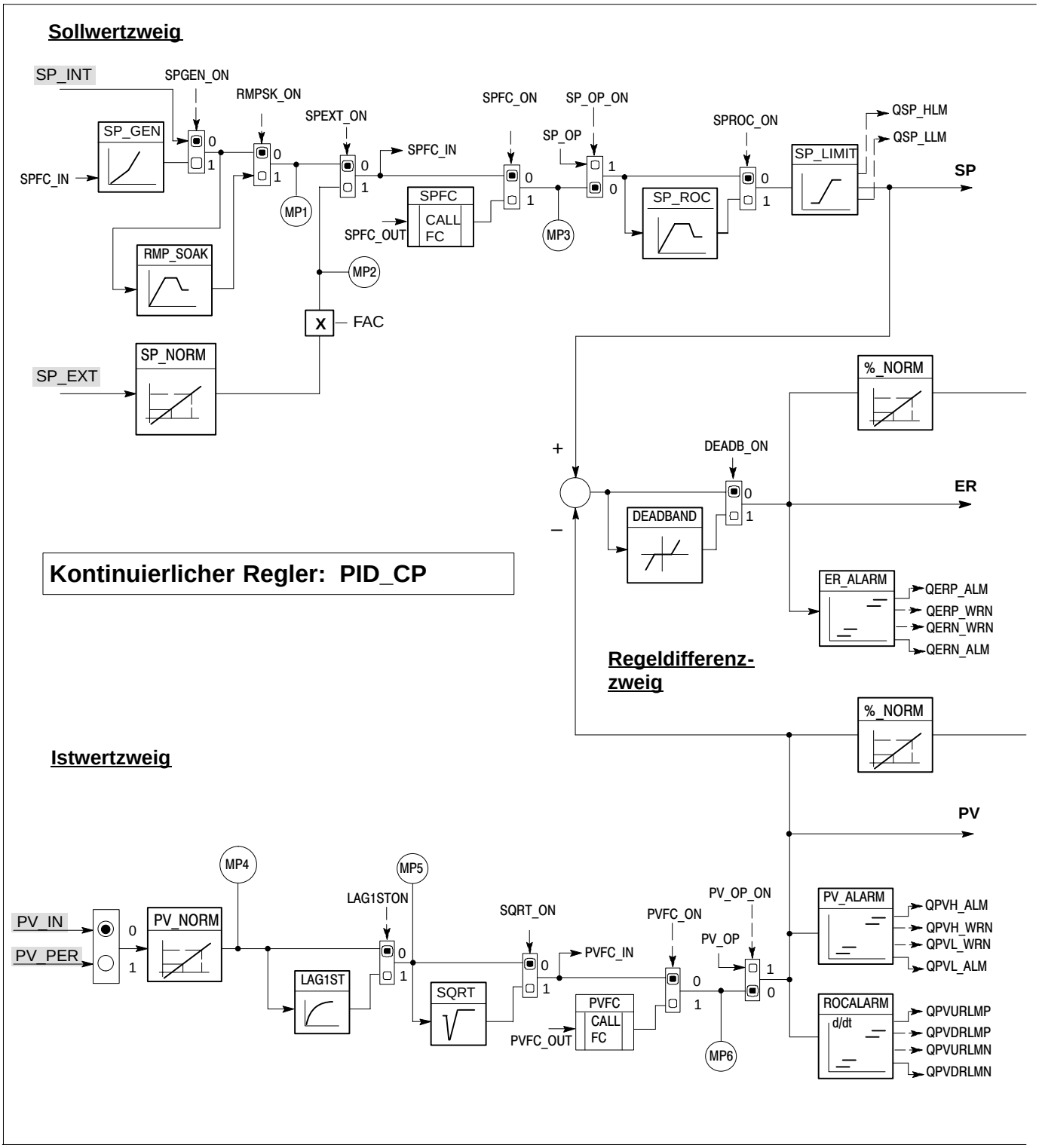
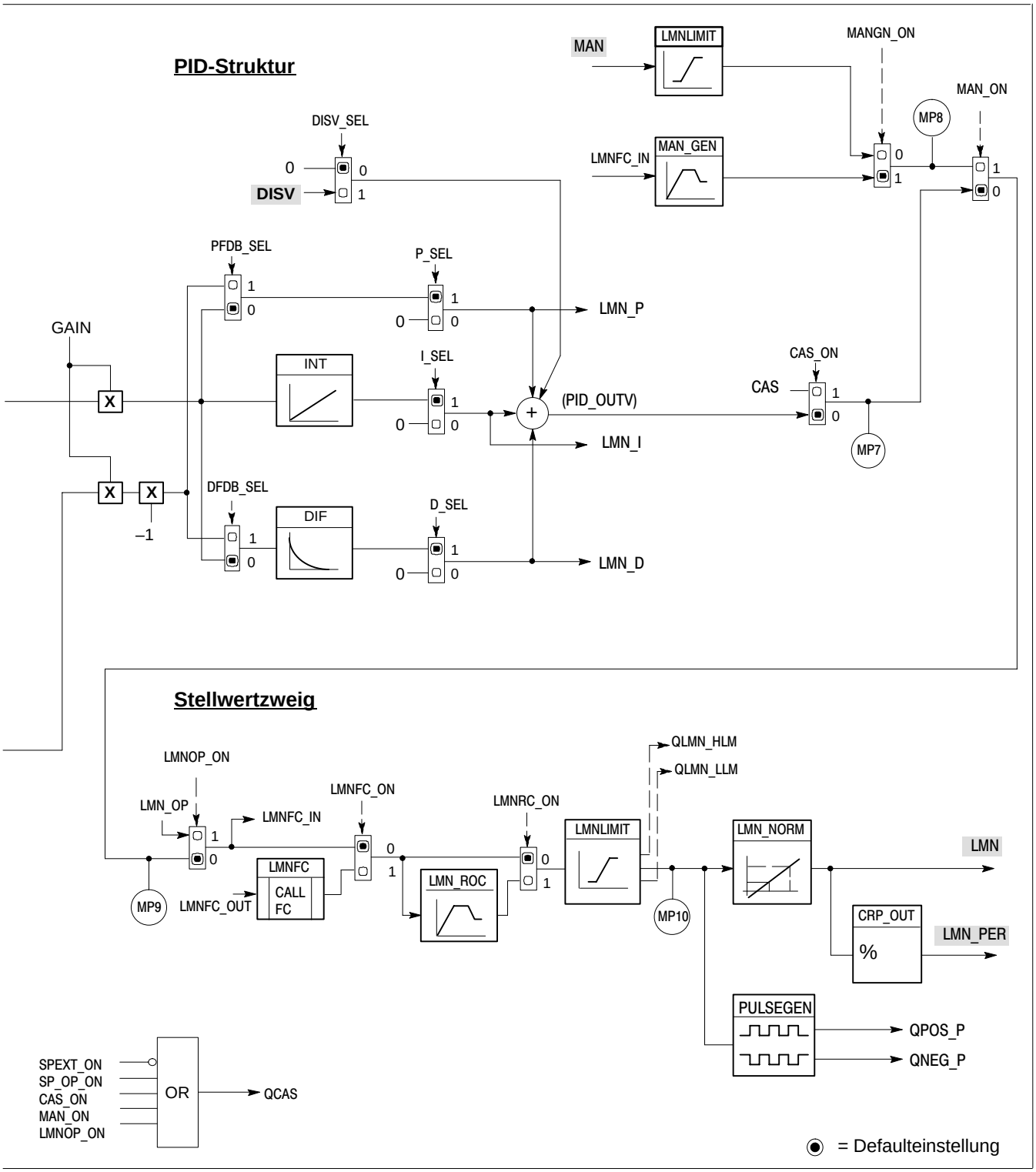


Bild 8-1 Blockschaltbild des kontinuierlichen Reglers: PID_CP


PID-Struktur
MAN
LMNLIMIT
MANGN_ON
MAN_ON
MP8
DISV_SEL
DISV
LMNFC_IN
MAN_GEN
PFDB_SEL
P_SEL
LMN_P
GAIN
INT
I_SEL
(PID_OUTV)
CAS_ON
CAS
MP7
LMN_I
DFDB_SEL
DIF
D_SEL
LMN_D
–1
Stellwertzweig
LMNOP_ON
LMN_OP
LMNFC_ON
LMNRC_ON
QLMN_HLM
QLMN_LLM
LMNFC
CALL FC
LMNFC_OUT
MP9
LMN_ROC
MP10
LMN_NORM
LMN
CRP_OUT
%
LMN_PER
PULSEGEN
QPOS_P
QNEG_P
SPEXT_ON
SP_OP_ON
CAS_ON
MAN_ON
LMNOP_ON
OR
QCAS
= Defaulteinstellung

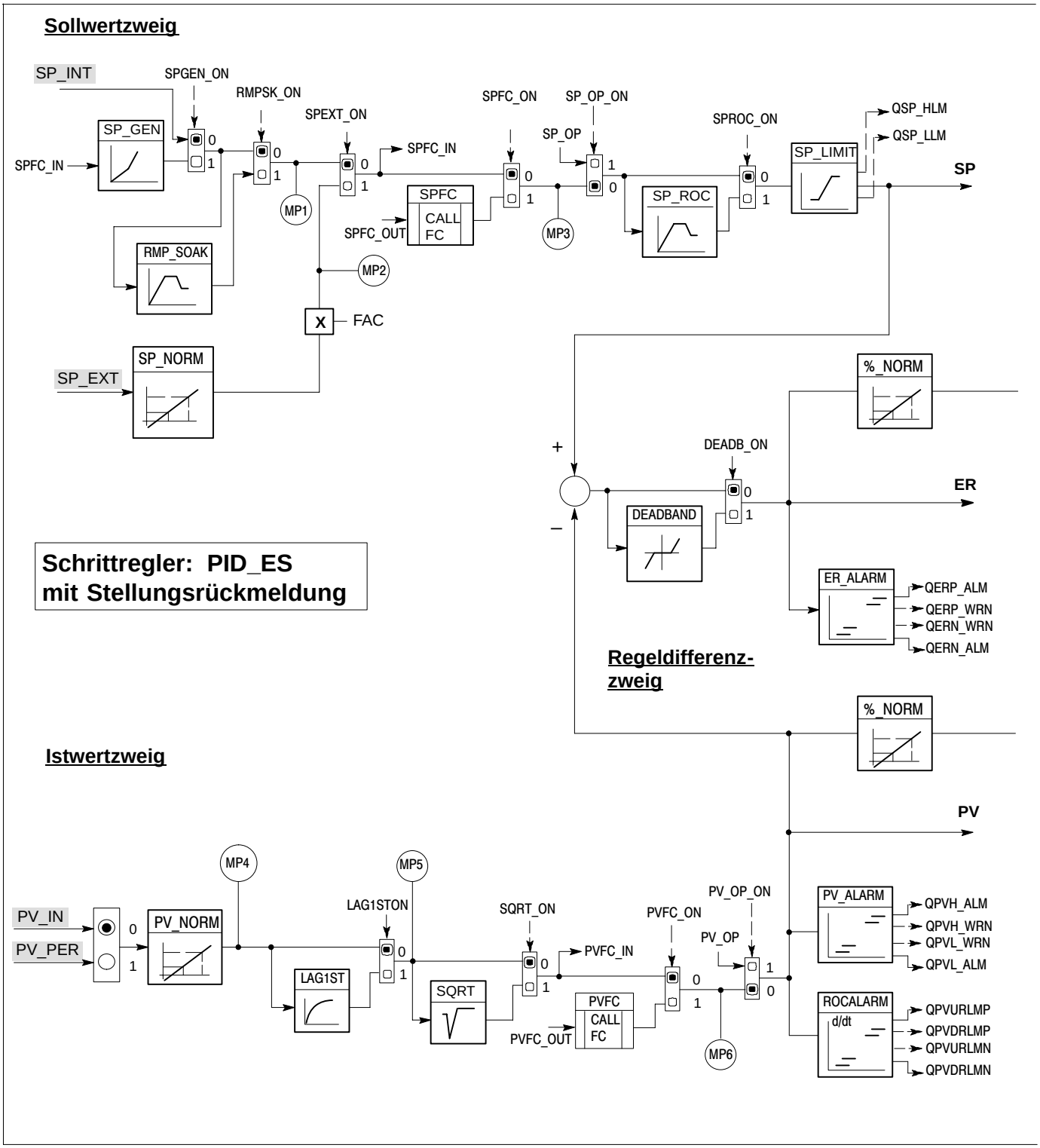
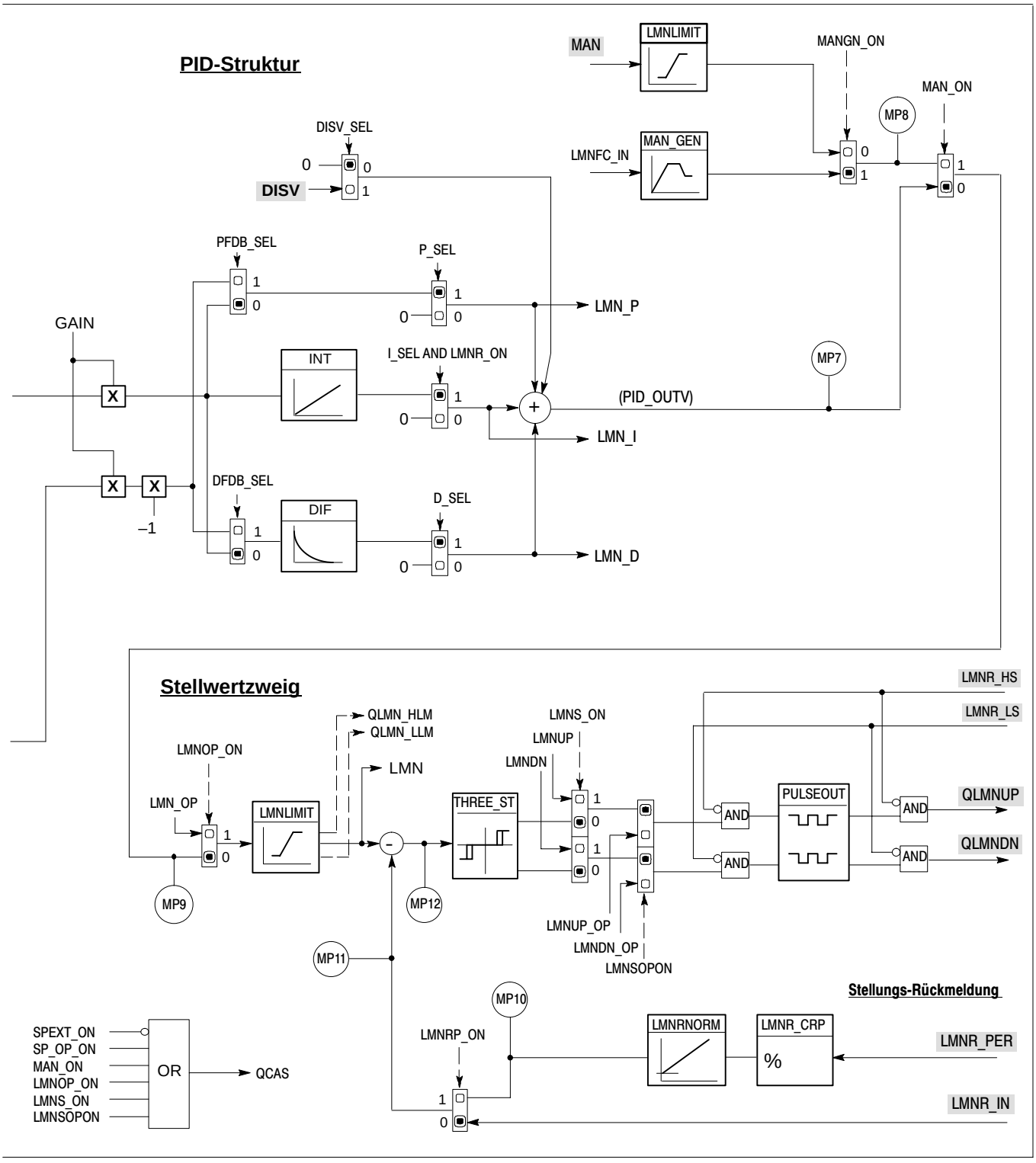


Bild 8-2 Blockschaltbild des Schrittreglers: PID_ES (mit Stellungsrückmeldung ”LMNR = TRUE”)


PID-Struktur
MAN
LMNLIMIT
MANGN_ON
MAN_ON
MP8
DISV_SEL
DISV
LMNFC_IN
MAN_GEN
PFDB_SEL
P_SEL
LMN_P
GAIN
INT
I_SEL AND LMNR_ON
MP7
(PID_OUTV)
LMN_I
DFDB_SEL
DIF
D_SEL
LMN_D
Stellwertzweig
LMNR_HS
LMNR_LS
QLMN_HLM
QLMN_LLM
LMNS_ON
LMNUP
LMNDN
LMNOP_ON
LMN
LMN_OP
LMNLIMIT
THREE_ST
PULSEOUT
AND
QLMNUP
QLMNDN
MP9
MP12
LMNUP_OP
LMNDN_OP
LMNSOPON
MP11
MP10
Stellungs-Rückmeldung
LMNRP_ON
LMNRNORM
LMNR_CRP
%
LMNR_PER
LMNR_IN
SPEXT_ON
SP_OP_ON
MAN_ON
LMNOP_ON
LMNS_ON
LMNSOPON
OR
QCAS

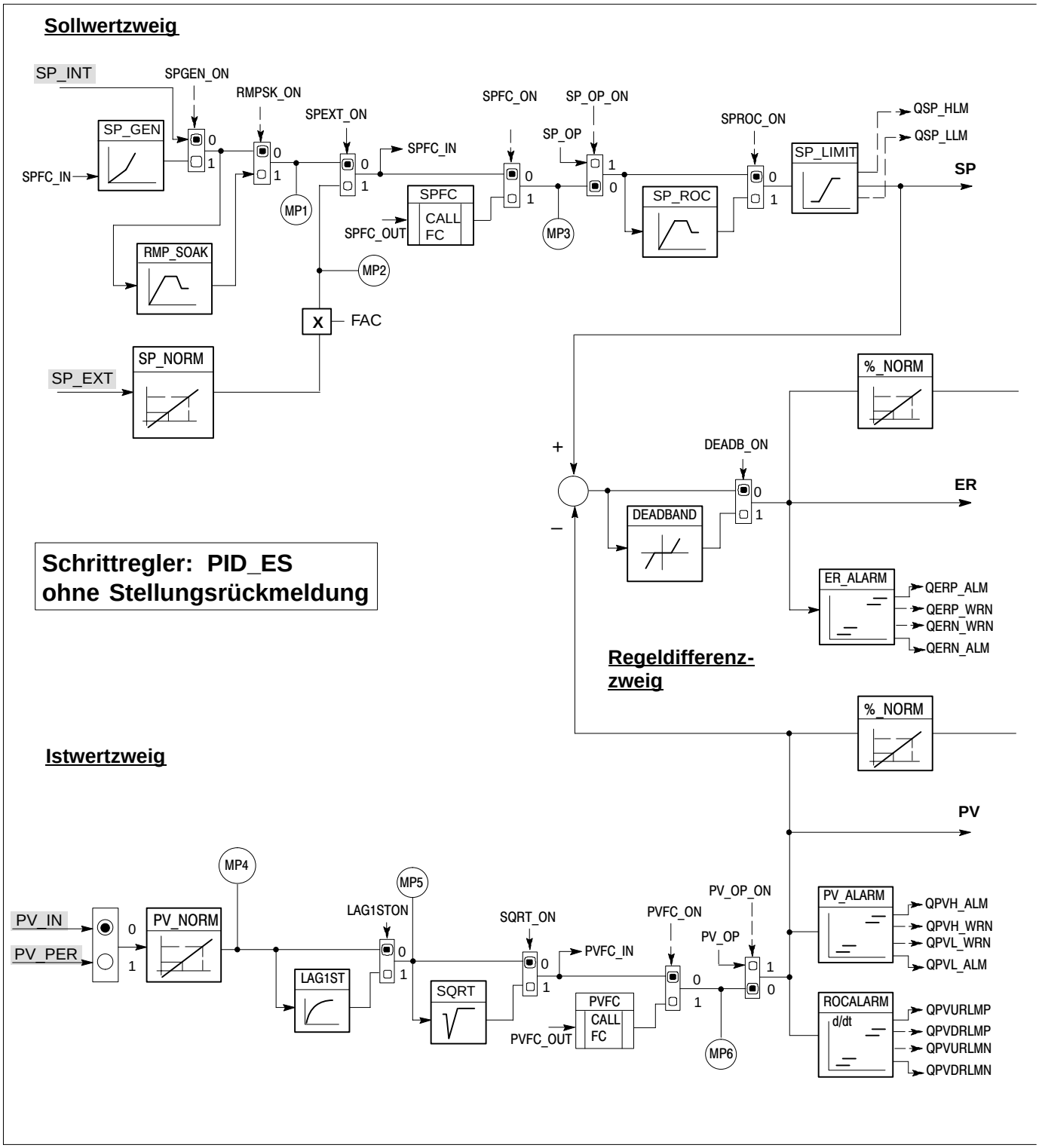
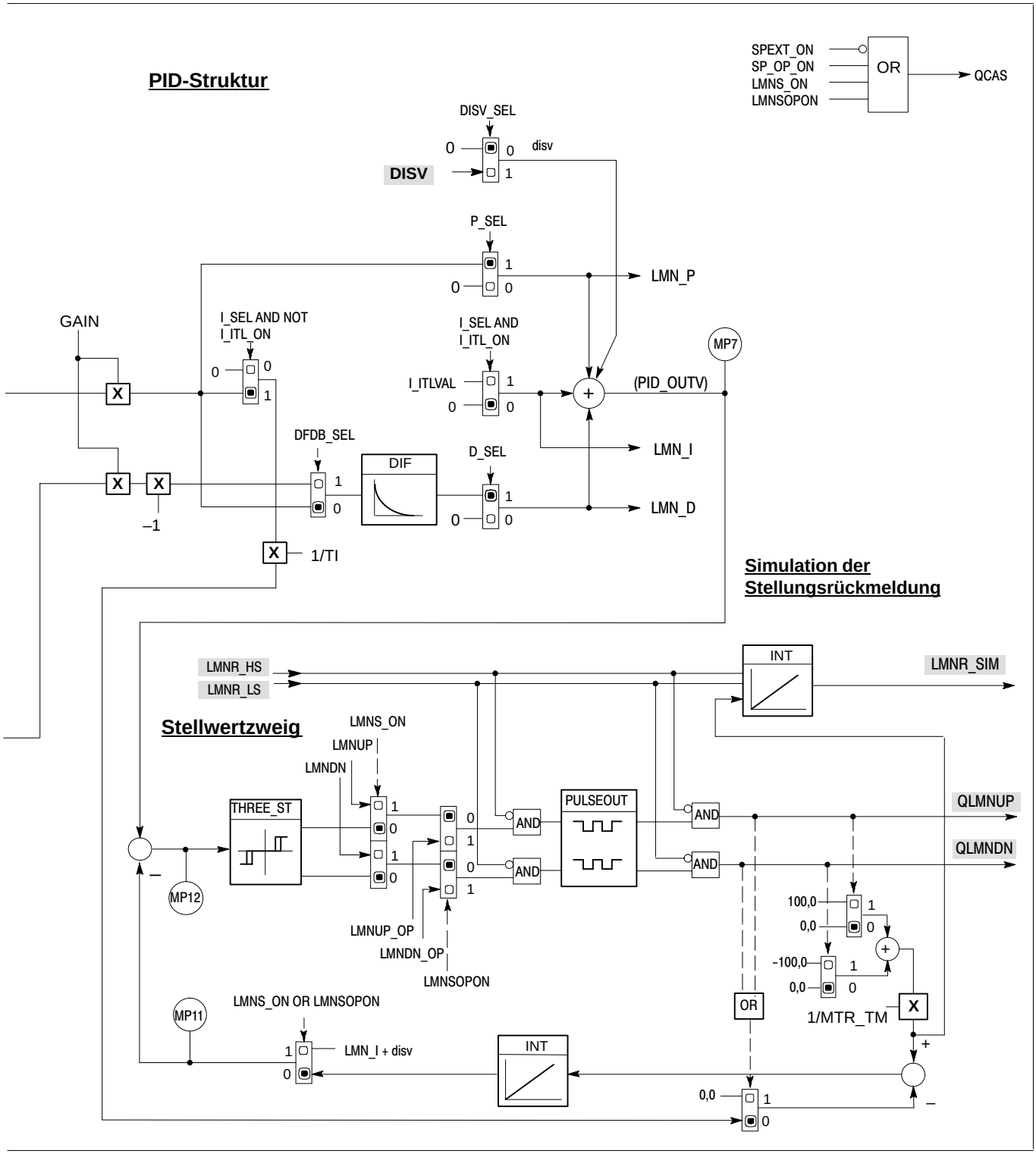


Bild 8-3 Blockschaltbild des Schrittreglers: PID_ES (ohne Stellungsrückmeldung ”LMNR_ON = FALSE”)


PID-Struktur
SPEXT_ON
SP_OP_ON
LMNS_ON
LMNSOPON
OR
QCAS
DISV_SEL
disv
DISV
P_SEL
LMN_P
GAIN
I_SEL AND NOT I_ITL_ON
I_SEL AND I_ITL_ON
I_ITLVAL
MP7
(PID_OUTV)
DFDB_SEL
DIF
D_SEL
LMN_I
LMN_D
–1
1/TI
Simulation der Stellungsrückmeldung
LMNR_HS
LMNR_LS
INT
LMNR_SIM
Stellwertzweig
LMNS_ON
LMNUP
LMNDN
THREE_ST
PULSEOUT
AND
QLMNUP
QLMNDN
MP12
LMNUP_OP
LMNDN_OP
LMNSOPON
100,0
0,0
-100,0
1/MTR_TM
MP11
LMNS_ON OR LMNSOPON
LMN_I + disv

Parameterlisten von Standard PID Control 9

Hinweis

- Die in diesem Anhang abgedruckten Parameterlisten geben bezüglich Reihenfolge und Inhalt die Struktur der Instanzdatenbausteine zu den jeweiligen SIMATIC S7 Standard-Funktionsbausteinen wieder.
- Für jeden Parameter ist der **Zulässige Wertebereich** angegeben.

  ”Gesamter Wertebereich” bedeutet: für den betreffenden STEP 7-Operandentyp festgelegter Zahlenbereich.

  ”Technischer Wertebereich” bedeutet: eingeschränkter Wertebereich, welcher die Realität ausreichend genau repräsentiert, hier -10^5 bis $+10^5$. Dadurch werden bei Operationen mit den betreffenden Wertparametern unhandlich große bzw. kleine Zahlenräume vermieden.
- Alle Parameter haben bei Neuerstellung des Instanz-DB als Default-Wert die angegebene **Vorbelegung**.

  Diese Werte sind so gewählt, dass bei unveränderter Übernahme aller Voraussicht nach keine kritischen Zustände auftreten können.

  Mit Hilfe von STEP 7 können Sie die Vorbelegung durch einen beliebigen anderen Wert im **Zulässigen Wertebereich** ersetzen. Einen bequemeren Weg dafür bietet jedoch die Benutzung des Konfigurationswerkzeugs mit seinen Parametrierfunktionen.
- Hinweise zu Namensgebungen und den Konventionen für die Parameterbezeichnungen finden Sie in *Kapitel 8.2*.

9.1 Parameter des Funktionsbausteins PID_CP

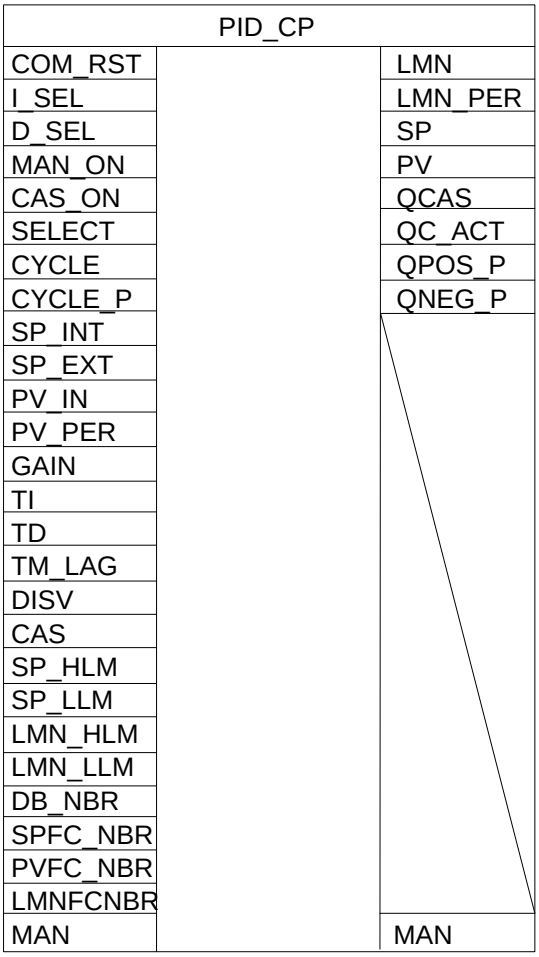


Tabelle 9-1 Eingangsparameter PID_CP (kontinuierlicherr Regler)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbele-gung
COM_RST	BOOL	Neustart (Initialisierungsroutine des FB wird bearbeitet)		FALSE
I_SEL	BOOL	I-Anteil einschalten		TRUE
D_SEL	BOOL	D-Anteil einschalten		FALSE
MAN_ON	BOOL	Handbetrieb einschalten (Regelkreis aufgetrennt, LMN von Hand eingest.)		TRUE
CAS_ON	BOOL	Kaskadenbetrieb einschalten (verschaltet mit QCAS des unterla-gerten Reglers)		FALSE

Tabelle 9-1 Eingangsparameter PID_CP (kontinuierlicherr Regler), Fortsetzung

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbele-gung
SELECT	BYTE	falls PULS_ON = TRUE: 0: PID und Pulsgenerator 1: PID (Bst.-Aufruf im OB 1) 2: Pulsgenerator (Bst.-Aufruf in Weck-alarm-OB) 3: PID (Bst.-Aufruf in Weckalarm-OB)	0, 1, 2, 3	0
CYCLE	TIME	Abtastzeit (Zeit zwischen zwei Bausteinaufrufen = konstant) Achten Sie unbedingt darauf, dass Sie diesen Parameter mit der Weck-alarmtaktzeit des OB, in dem der FB “PID_CP” läuft, parametrieren! An-dernfalls arbeiten die zeitabhängigen Funktionen nicht korrekt. (Ausnahme: Sie verwenden eine Zeituntersetzung, z. B. über den Regleraufrufverteiler.)	> 20 ms (S7-300)	T#1s
CYCLE_P	TIME	Abtastzeit des Pulsgenerators Achten Sie unbedingt darauf, dass Sie diesen Parameter mit der Weck-alarmtaktzeit des OB, in dem der FB “PID_CP” läuft, parametrieren! An-dernfalls arbeiten die zeitabhängigen Funktionen nicht korrekt. (Ausnahme: Sie verwenden eine Zeituntersetzung, z. B. über den Regleraufrufverteiler.)		T#10 ms
SP_INT	REAL	interner Sollwert (zur Sollwertvorgabe mittels B&B-Funktionen)	techn. Wertebereich (physikalische Größe)	0.0
SP_EXT	REAL	externer Sollwert (SP im Gleitpunktformat)	techn. Wertebereich (physikalische Größe)	0.0
PV_IN	REAL	Istwert-Eingang (PV im Gleitpunktformat)	techn. Wertebereich (physikalische Größe)	0.0
PV_PER	INT	Istwert von Peripherie (PV im Peripherieformat)		W#16#0000
GAIN	REAL	Proportionalbeiwert (= Reglerverstärkung)	gesamter Wertebereich (dimensionslos)	2.0
TI	TIME	Integrationszeit	TI ≥ CYCLE	T#20s
TD	TIME	Differenzierzeit	TD ≥ CYCLE	T#10s
TM_LAG	TIME	Verzögerungszeit des D-Anteils	TM_LAG ≥ CYCLE/2	T#2s
DISV	REAL	Störgröße	–100.0 ... 100.0	0.0
CAS	REAL	Eingang für Kaskadenbetrieb (Verschaltung mit PV des unterlager-ten Reglers)	techn. Wertebereich (phsyikalische Größe)	0.0

Tabelle 9-1 Eingangsparameter PID_CP (kontinuierlicherr Regler), Fortsetzung

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbele-gung
SP_HLM	REAL	Sollwert obere Begrenzung	techn. Wertebereich (physikalische Größe)	100.0
SP_LLM	REAL	Sollwert untere Begrenzung	techn. Wertebereich (physikalische Größe)	0.0
LMN_HLM	REAL	Stellwert: obere Begrenzung	LMN_LLM ... 100.0	100.0
LMN_LLM	REAL	Stellwert: untere Begrenzung	–100.0 ... LMN_HLM	0.0
DB_NBR	BLOCK_ DB	Datenbausteinnummer (DB mit den Stützpunkten der Fahr-kurve)		DB 1
SPFC_NBR	BLOCK_ FC	Sollwert FC-Nummer (selbstdefinierter FC im Sollwert-zweig)		FC 0
PVFC_NBR	BLOCK_ FC	Istwert FC-Nummer (selbstdefinierter FC im Istwertzweig)		FC 0
LMNFCNBR	BLOCK_ FC	Stellwert FC-Nummer (selbstdefinierter FC im Stellwert-zweig)		FC 0

Tabelle 9-2 Ausgangsparameter PID_CP (kontinuierlicher Regler)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	Vorbele-gung
LMN	REAL	Stellwert (Stellwert im Gleitpunktformat)	0.0
LMN_PER	INT	Stellwert für Peripherie (LMN im Peripherieformat)	W#16#0000
SP	REAL	Sollwert (effektiv wirksamer Sollwert)	0.0
PV	REAL	Istwert (Ausgabe des effektiven Istwertes bei Kaskadebetrieb)	0.0
QCAS	BOOL	Signal für Kaskadebetrieb (wird mit CAS_ON des überlagerten Reglers verschaltet)	FALSE
QC_ACT	BOOL	Anzeige, ob beim nächsten Bausteinaufruf der Regelungsteil bearbeitet wird (nur relevant, wenn SELECT den Wert 0 oder 1 hat)	TRUE
QPOS_P	BOOL	Pulsgenerator: positiver Puls ein	FALSE
QNEG_P	BOOL	Pulsgenerator: negativer Puls ein	FALSE

Tabelle 9-3 Durchgangsparameter PID_CP (kontinuierlicherr Regler)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	Vorbele-gung
MAN	REAL	Hand-Stellwert (zur Stellwertvorgabe mittels B&B-Funktionen)	0.0

Tabelle 9-4 Statische Bausteindaten PID_CP (Eingänge)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbele-gung
PVH_ALM	REAL	Istwert: oberer Grenzwert 'Alarm'	PVH_WRN...100.0	100.0
PVH_WRN	REAL	Istwert: oberer Grenzwert 'Warnung'	PVL_WRN... PVH_ALM	90.0
PVL_WRN	REAL	Istwert: unterer Grenzwert 'Warnung'	PVL_ALM... PVH_WRN	–90.0
PVL_ALM	REAL	Istwert: unterer Grenzwert 'Alarm'	–100.0...PVL_WRN	–100.0
SPGEN_ON	BOOL	Sollwertbedienung einschalten (Verstellen des Sollwerts über Auf-/Ab-Schalter)		FALSE
SPUP	BOOL	Sollwert hoch		FALSE
SPDN	BOOL	Sollwert tief		FALSE
RMPSK_ON	BOOL	Zeitplangeber einschalten (Sollwert wird als Fahrkurve vorgege-ben)		FALSE
SPEXT_ON	BOOL	Externer Sollwert einschalten (zur Verschaltung mit anderen Regler-bausteinen)		FALSE
MANGN_ON	BOOL	Handbedienung einschalten (LMN per Schalter eingestellt)		FALSE
MANUP	BOOL	Hand-Stellwert Hoch		FALSE
MANDN	BOOL	Hand-Stellwert Tief		FALSE
DFRMP_ON	BOOL	Ausgang des Zeitplangebers vorbelegen (der Ausgang wird mit SP_INT vorbe-legt)		FALSE
CYC_ON	BOOL	Zyklische Wiederholung einschalten (Fahrkurve wird automatisch wiederholt)		FALSE
RMP_HOLD	BOOL	Zeitplangeber anhalten (Ausgang des Zeiplangebers wird einge-froren)		FALSE
CONT_ON	BOOL	(Zeitplan) weitermachen (Fahrkurve wird an nächster Stützstelle fortgesetzt)		FALSE
TUPDT_ON	BOOL	Gesamtzeit neu berechnen (Gesamtzeit der Fahrkurve wird neu be-rechnet)		FALSE

Tabelle 9-4 Statische Bausteindaten PID_CP (Eingänge), Fortsetzung

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbelegung
SPFC_ON	BOOL	Sollwert-FC aufrufen		FALSE
SPROC_ON	BOOL	Rampenfunktion einschalten (Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit von SP)		FALSE
PVPER_ON	BOOL	Istwert von Peripherie einschalten (Verschaltung mit Peripheriebaugruppen)		FALSE
LAG1STON	BOOL	Verzögerungsglied 1. Ordnung einschalten		FALSE
SQRT_ON	BOOL	Quadratwurzelfunktion einschalten		FALSE
PVFC_ON	BOOL	Istwert-FC aufrufen		FALSE
DEADB_ON	BOOL	Totzone einschalten (Kleine Störungen und Rauschen werden gefiltert)		FALSE
P_SEL	BOOL	P-Anteil einschalten		TRUE
PFDB_SEL	BOOL	P-Anteil in Rückführung schalten		FALSE
INT_HPOS	BOOL	Einfrieren des I-Anteils in positiver Richtung		FALSE
INT_HNEG	BOOL	Einfrieren des I-Anteils in negativer Richtung		FALSE
I_ITL_ON	BOOL	I-Anteil vorbesetzen		FALSE
DFDB_SEL	BOOL	D-Anteil in Rückführung schalten		FALSE
DISV_SEL	BOOL	Störgröße aufschalten		FALSE
LMNFC_ON	BOOL	Stellwert-FC aufrufen		FALSE
LMNRC_ON	BOOL	Stellwert-Rampenfunktion einschalten (Begrenzung Änderungsgeschwindigkeit von LMN)		FALSE
SMOO_CHG	BOOL	Stoßfreie Umschaltung von Hand nach Automatik		TRUE
PULSE_ON	BOOL	Pulsgenerator ein		FALSE
STEP3_ON	BOOL	Pulsgenerator: Dreipunktregelung einschalten		TRUE
ST2BI_ON	BOOL	Pulsgenerator: Zweipunktregelung für bipolaren Stellbereich einschalten (für unipolaren Stellbereich muss STEP3_ON = FALSE sein)		FALSE
TM_SNBR	INT	Nr. des nächsten Stützpunktes zum Weitermachen	≥0 (dimensionslos)	0
TM_CONT	TIME	Weitermachzeitpunkt (Zeit nach Stützpunkt TM_SNBR zu der der Zeitplangeber die Fahrkurve weiter bearbeitet)	gesamter Wertebereich (dimensionslos)	T#0s

Tabelle 9-4 Statische Bausteindaten PID_CP (Eingänge), Fortsetzung

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbelegung
FAC	REAL	Faktor (Verhältnis- oder Mischungsfaktor)	gesamter Wertebereich (dimensionslos)	1.0
NM_SPEHR	REAL	Sollwert-Normierung: Arbeitsbereich Eingang oben		100.0
NM_SPELR	REAL	Sollwert-Normierung: Arbeitsbereich Eingang unten		–100.0
SPFC_OUT	REAL	Sollwert FC-Ausgang (wird mit dem Ausgang des FC im Sollwertzweig verschaltet)	–100.0 ... 100.0	0.0
SPURLM_P	REAL	Sollwert-Anstiegsbegrenzung im positiven Bereich	≥0 [physikalische Größe/s]	10.0
SPDRLM_P	REAL	Sollwert-Abstiegsbegrenzung im positiven Bereich	≥0 [physikalische Größe/s]	10.0
SPURLM_N	REAL	Sollwert-Anstiegsbegrenzung im negativen Bereich	≥0 [physikalische Größe/s]	10.0
SPDRLM_N	REAL	Sollwert-Abstiegsbegrenzung im negativen Bereich	≥0 [physikalische Größe/s]	10.0
NM_PIHR	REAL	Istwert-Normierung: Messbereich Eingang oben		100.0
NM_PILR	REAL	Istwert-Normierung: Messbereich Eingang unten		–100.0
NM_PVHR	REAL	Istwert-Normierung: Messbereich Ausgang oben		100.0
NM_PVLR	REAL	Istwert-Normierung: Messbereich Ausgang unten		–100.0
PV_TMLAG	TIME	Istwertverzögerungszeit (Verzögerung des PT1-Gliedes im PV-Zweig)	gesamter Wertebereich	T#5s
SQRT_HR	REAL	Quadratwurzel: Arbeitsbereich Ausgang oben		100.0
SQRT_LR	REAL	Quadratwurzel: Arbeitsbereich Ausgang unten		0.0
PVFC_OUT	REAL	Istwert FC-Ausgang (wird mit dem Ausgang des FC im Istwertzweig verschaltet)	–100.0 ... 100.0	0.0
PVURLM_P	REAL	Istwert-Anstiegsbegrenzung im positiven Bereich	≥0 [/s]	10.0
PVDRLM_P	REAL	Istwert-Abstiegsbegrenzung im positiven Bereich	≥0 [/s]	10.0
PVURLM_N	REAL	Istwert-Anstiegsbegrenzung im negativen Bereich	≥0 [/s]	10.0
PVDRLM_N	REAL	Istwert-Abstiegsbegrenzung im negativen Bereich	≥0 [%/s]	10.0

Tabelle 9-4 Statische Bausteindaten PID_CP (Eingänge), Fortsetzung

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbelegung
PV_HYS	REAL	Istwert Hysterese (Vermeidet 'Flackern' der Überwachungsanzeige)	≥0	1.0
DEADB_W	REAL	Totzonenbreite (= Bereich Null bis Totzonenobergrenze) (bestimmt Größe des Unempfindlichkeitsbereichs)	0.0 ... 100.0	1.0
ERP_ALM	REAL	Regeldifferenz: positiver Grenzwert 'Alarm'	0 ... 200.0	100.0
ERP_WRN	REAL	Regeldifferenz: positiver Grenzwert 'Warnung'	0 ... 200.0	90.0
ERN_WRN	REAL	Regeldifferenz: negativer Grenzwert 'Warnung'	–200.0 ... 0	–90.0
ERN_ALM	REAL	Regeldifferenz: negativer Grenzwert 'Alarm'	–200.0 ... 0	–100.0
ER_HYS	REAL	Regeldifferenz Hysterese (Vermeidet 'Flackern' der Überwachungsanzeige)	≥0 [%]	1.0
I_ITLVAL	REAL	Ininitialisierungswert für I-Anteil	–100.0 ... 100.0 [%]	0.0
LMNFCOUT	REAL	Stellwert FC-Ausgang (wird mit dem Ausgang des FC im Stellwertzweig verschaltet)	–100.0 ... 100.0 [%]	0.0
LMN_URLM	REAL	Stellwert-Anstiegsbegrenzung	≥0 [%/s]	10.0
LMN_DRLM	REAL	Stellwert-Abstiegsbegrenzung	≥0 [%/s]	10.0
LMN_FAC	REAL	Stellwertfaktor (Faktor zur Anpassung des Stellwertbereichs)	gesamter Wertebereich (dimensionslos)	1.0
LMN_OFF	REAL	Stellwert-Offset (Nullpunkt der Stellwert-Normierung)	gesamter Wertebereich (dimensionslos)	0.0
PER_TM_P	TIME	Pulsgenerator: Periodendauer des positiven Pulses		T#1s
PER_TM_N	TIME	Pulsgenerator: Periodendauer des negativen Pulses		T#1s
P_B_TM_P	TIME	Pulsgenerator: Mindestimpuls- bzw. Mindestpausendauer des positiven Pulses		T#50ms
P_B_TM_N	TIME	Pulsgenerator: Mindestimpuls- bzw. Mindestpausendauer des negativen Pulses		T#50ms
RATIOFAC	REAL	Pulsgenerator: Verhältnisfaktor (Verhältnis von positiver Impulsdauer und negativer Impulsdauer)	0.1 ... 10.0 (dimensionslos)	1.0
PHASE	INT	Phase vom PID Self Tuner		0

Tabelle 9-5 Statische Lokaldaten PID_CP (Ausgänge)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	Vorbele-gung
QPVH_ALM	BOOL	Istwert: oberer Grenzwert 'Alarm' angesprochen	FALSE
QPVH_WRN	BOOL	Istwert: oberer Grenzwert 'Warnung' angesprochen	FALSE
QPVL_WRN	BOOL	Istwert: unterer Grenzwert 'Warnung' angesprochen	FALSE
QPVL_ALM	BOOL	Istwert: unterer Grenzwert 'Alarm' angesprochen	FALSE
QR_S_ACT	BOOL	Zeittabelle für Fahrkurve wird bearbeitet	FALSE
QSP_HLM	BOOL	Sollwert: obere Begrenzung angesprochen	FALSE
QSP_LLM	BOOL	Sollwert: untere Begrenzung angesprochen	FALSE
QPVURLMP	BOOL	Istwert: Anstiegsgrenzwert im positiven Bereich angesprochen	FALSE
QPVDRLMP	BOOL	Istwert: Abstiegsgrenzwert im positiven Bereich angesprochen	FALSE
QPVURLMN	BOOL	Istwert: Anstiegsgrenzwert im negativen Bereich angespro-chen	FALSE
QPVDRLMN	BOOL	Istwert: Abstiegsgrenzwert im negativen Bereich angespro-chen	FALSE
QERP_ALM	BOOL	Regeldifferenz: positiver Grenzwert 'Alarm' angesprochen	FALSE
QERP_WRN	BOOL	Regeldifferenz: positiver Grenzwert 'Warnung' angesprochen	FALSE
QERN_WRN	BOOL	Regeldifferenz; negativer Grenzwert 'Warnung' angesprochen	FALSE
QERN_ALM	BOOL	Regeldifferenz: negativer Grenzwert 'Alarm' angesprochen	FALSE
QLMN_HLM	BOOL	Stellwert: obere Begrenzung angesprochen	FALSE
QLMN_LLM	BOOL	Stellwert: untere Begrenzung angesprochen	FALSE
NBR_ATMS	INT	Nummer des vom Zeitplangeber aktuell angefahrenen Stütz-punktes	0
RS_TM	TIME	"Aktuelle Restzeit" der Fahrkurve bis zum nächsten Stützpunkt	T#0s
T_TM	TIME	"Gesamtzeit" der Fahrkurve	T#0s
RT_TM	TIME	"Gesamtrestzeit" = Zeit bis zum Ende der Fahrkurve	T#0s
ER	REAL	Regeldifferenz	0.0
LMN_P	REAL	P-Anteil	0.0
LMN_I	REAL	I-Anteil	0.0
LMN_D	REAL	D-Anteil	0.0
SPFC_IN	REAL	Sollwert FC-Eingang (wird mit Eingang des selbstdefinierten FC verschaltet)	0.0
PVFC_IN	REAL	Istwert FC-Eingang (wird mit Eingang des selbstdefinierten FC verschaltet)	0.0
LMNFC_IN	REAL	Stellwert FC-Eingang (wird mit Eingang des selbstdefinierten FC verschaltet)	0.0

Tabelle 9-6 Vom Konfigurierwerkzeug benutzte statische Lokaldaten PID_CP

Parameter	Datentyp	Erläuterung	Vorbele-gung
SP_OP_ON	BOOL	Sollwertbedienung einschalten (der Wert von SP_OP wird als Sollwert übernommen)	FALSE
PV_OP_ON	BOOL	Istwertbedienung einschalten (der Wert von PV_OP wird als Sollwert übernommen)	FALSE
LMNOP_ON	BOOL	Stellwertbedienung einschalten (der Wert von LMN_OP wird als Sollwert übernommen)	FALSE
SP_OP	REAL	Sollwertbedienung am Konfigurierwerkzeug	0.0
PV_OP	REAL	Istwertbedienung am Konfigurierwerkzeug	0.0
LMN_OP	REAL	Stellwertbedienung am Konfigurierwerkzeug	0.0
MP1	REAL	Messpunkt 1: Interner Sollwert	0.0
MP2	REAL	Messpunkt 2: Externer Sollwert	0.0
MP3	REAL	Messpunkt 3: UnbegrenzterSollwert	0.0
MP4	REAL	Messpunkt 4: Istwert von der Peripheriebaugruppe	0.0
MP5	REAL	Messpunkt 5: Istwert nach dem Verzögerungsglied 1. Ordnung	0.0
MP6	REAL	Messpunkt 6: Wirksamer Istwert (PV)	0.0
MP7	REAL	Messpunkt 7: Stellwert vom PID-Algorithmus	0.0
MP8	REAL	Messpunkt 8: Hand-Stellwert	0.0
MP9	REAL	Messpunkt 9: Unbegrenzter Stellwert	0.0
MP10	REAL	Messpunkt 10: Begrenzter Stellwert	0.0

Die vom Konfigurierungswerkzeug genutzten statischen Lokaldaten stehen zu Beginn des Wertebereiches der statischen Lokaldaten.

Hinweis

Alle anderen statischen Lokaldaten dürfen nicht beeinflusst werden.

9.2 Parameter des Funktionsbausteins PID_ES

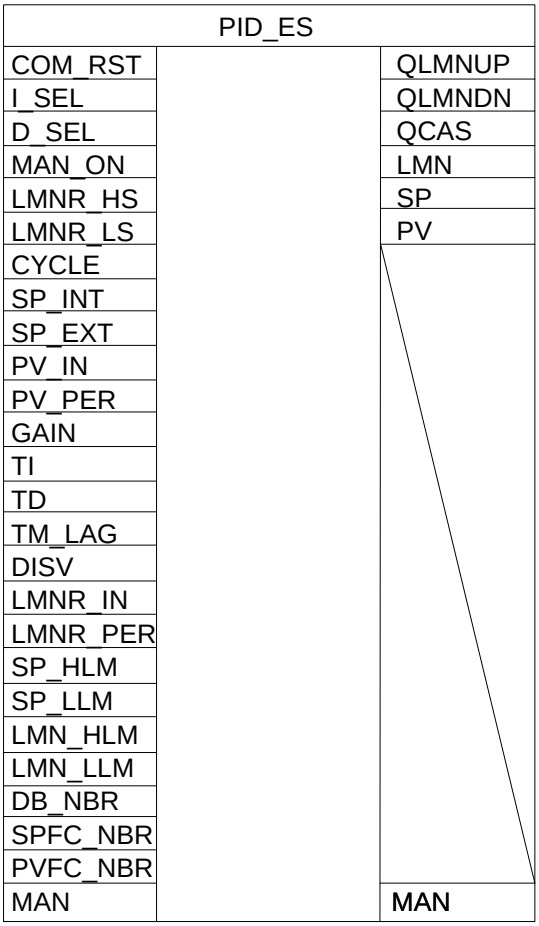


Tabelle 9-7 Eingangsparameter PID_ES (Schrittregler)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbelegung
COM_RST	BOOL	Neustart (Initialisierungsroutine des FB wird bearbeitet)		FALSE
I_SEL	BOOL	I-Anteil einschalten		TRUE
D_SEL	BOOL	D-Anteil einschalten		FALSE
MAN_ON	BOOL	Handbetrieb einschalten (Regelkreis aufgetrennt, LMN von Hand eingest.)		TRUE
LMNR_HS	BOOL	Oberes Anschlagsignal der Stellungsrückmeldung		FALSE
LMNR_LS	BOOL	Unteres Anschlagsignal der Stellungsrückmeldung		FALSE

Tabelle 9-7 Eingangsparameter PID_ES (Schrittregler), Fortsetzung

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbelegung
CYCLE	TIME	Abtastzeit (Zeit zwischen Bausteinaufrufen = konstant) Achten Sie unbedingt darauf, dass Sie diesen Parameter mit der Weckalarmtaktzeit des OB, in dem der FB “PID_CP” läuft, parametrieren! Andernfalls arbeiten die zeitabhängigen Funktionen nicht korrekt. (Ausnahme: Sie verwenden eine Zeituntersetzung, z. B. über den Regleraufrufverteiler.)	≥20 ms (S7-300)	T#1s
SP_INT	REAL	interner Sollwert (zur Sollwertvorgabe mittels B&B-Funktionen)	techn. Wertebereich (physikalische Größe)	0.0
SP_EXT	REAL	externer Sollwert (SP im Gleitpunktformat)	techn. Wertebereich (physikalische Größe)	0.0
PV_IN	REAL	Istwert-Eingang (PV im Gleitpunktformat)	techn. Wertebereich (physikalische Größe)	0.0
PV_PER	INT	Istwert von Peripherie		W#16#0000
GAIN	REAL	Proportionalbeiwert (= Reglerverstärkung)	gesamter Wertebereich (dimensionslos)	2.0
TI	TIME	Integrationszeit	TI ≥ CYCLE	T#20s
TD	TIME	Differenzierzeit	TD ≥ CYCLE	T#10s
TM_LAG	TIME	Verzögerungszeit des D-Anteils	TM_LAG ≥ CYCLE/2	T#2s
DISV	REAL	Störgröße	–100.0 ... 100.0 [%]	0.0
LMNR_IN	REAL	Stellungsrückmeldung (LMNR im Gleitpunktformat)	0.0 ... 100.0 [%]	0.0
LMNR_PER	WORD	Stellungsrückmeldung von Peripherie (LMNR im Peripherieformat)		W#16#0000
SP_HLM	REAL	Sollwert obere Begrenzung	techn. Wertebereich (physikalische Größe)	100.0
SP_LLM	REAL	Sollwert untere Begrenzung	techn. Wertebereich (physikalische Größe)	0.0
LMN_HLM	REAL	Stellwert: obere Begrenzung	LMN_LLM ... 100.0 [%]	100.0
LMN_LLM	REAL	Stellwert: untere Begrenzung	0.0 ... LMN_HLM [%]	0.0
DB_NBR	BLOCK_DB	Datenbausteinnummer (DB mit den Stützpunkten der Fahrkurve)		DB 1
SPFC_NBR	BLOCK_FC	Sollwert FC-Nummer (selbstdefinierter FC im Sollwertzweig)		FC 0
PVFC_NBR	BLOCK_FC	Istwert FC-Nummer (selbstdefinierter FC im Istwertzweig)		FC 0

Tabelle 9-8 Ausgangsparameter PID_ES (Schrittregler)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	Vorbele-gung
QLMNUP	BOOL	Stellwertsignal hoch	FALSE
QLMNDN	BOOL	Stellwertsignal tief	FALSE
QCAS	BOOL	Signal für Kaskadebetrieb (wird mit CAS_ON des überlagerten Reglers verschaltet)	FALSE
LMN	REAL	Stellwertsignal (nach Regelalgorithmus)	0.0
SP	REAL	Sollwert (effektiv wirksamer Sollwert)	0.0
PV	REAL	Istwert (Ausgabe des effektiven Istwertes bei Kaskadebetrieb)	0.0

Tabelle 9-9 Durchgangsparameter PID_ES (Schrittregler)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	Vorbele-gung
MAN	REAL	Hand-Stellwert (zur Stellwertvorgabe mittels B&B-Funktionen)	0.0

Tabelle 9-10 Statische Lokaldaten PID_ES (Eingänge)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbele-gung
PVH_ALM	REAL	Istwert: oberer Grenzwert 'Alarm'	PVH_WRN...100.0	100.0
PVH_WRN	REAL	Istwert: oberer Grenzwert 'Warnung'	PVL_WRN... PVH_ALM	90.0
PVL_WRN	REAL	Istwert: unterer Grenzwert 'Warnung'	PVL_ALM... PVH_WRN	–90.0
PVL_ALM	REAL	Istwert: unterer Grenzwert 'Alarm'	–100.0...PVL_WRN	–100.0
SPGEN_ON	BOOL	Sollwertbedienung einschalten (Verstellen des Sollwerts über Auf-/Ab-Schalter)		FALSE
SPUP	BOOL	Sollwert hoch		FALSE
SPDN	BOOL	Sollwert tief		FALSE
RMPSK_ON	BOOL	Zeitplangeber einschalten (Sollwert wird als Fahrkurve vorgege-ben)		FALSE
SPEXT_ON	BOOL	Externer Sollwert einschalten (zur Verschaltung mit anderen Regler-bausteinen)		FALSE

Tabelle 9-10 Statische Lokaldaten PID_ES (Eingänge), Fortsetzung

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbelegung
MANGN_ON	BOOL	Handbedienung einschalten (LMN per Schalter eingestellt)		FALSE
MANUP	BOOL	Hand-Stellwert Hoch		FALSE
MANDN	BOOL	Hand-Stellwert Tief		FALSE
LMNS_ON	BOOL	Handbetrieb der Stellsignale einschalten		FALSE
LMNUP	BOOL	Stellwertsignal Hoch (das Ausgangssignal QLMNUP wird bedient)		FALSE
LMNDN	BOOL	Stellwertsignal Tief (das Ausgangssignal QLMNDN wird bedient)		FALSE
DFRMP_ON	BOOL	Ausgang des Zeitplangebers vorbelegen (der Ausgang wird mit SP_INT vorbelegt)		FALSE
CYC_ON	BOOL	Zyklische Wiederholung einschalten (Fahrkurve wird automatisch wiederholt)		FALSE
RMP_HOLD	BOOL	Zeitplangeber anhalten (Ausgang des Zeiplangebers wird eingefroren)		FALSE
CONT_ON	BOOL	(Zeitplan) weitermachen (Fahrkurve wird an nächster Stützstelle fortgesetzt)		FALSE
TUPDT_ON	BOOL	Gesamtzeit neu berechnen (Gesamtzeit der Fahrkurve wird neu berechnet)		FALSE
SPFC_ON	BOOL	Sollwert-FC aufrufen		FALSE
SPROC_ON	BOOL	Rampenfunktion einschalten (Begrenz. der Änderungsgeschwindigkeit von SP)		FALSE
PVPER_ON	BOOL	Istwert von Peripherie einschalten (Verschaltung mit Peripheriebaugruppen)		FALSE
LAG1STON	BOOL	Verzögerungsglied 1. Ordnung einschalten		FALSE
SQRT_ON	BOOL	Qudratwurzelfunktion einschalten		FALSE
PVFC_ON	BOOL	Istwert-FC aufrufen		FALSE
DEADB_ON	BOOL	Totzone einschalten (Kleine Störungen und Rauschen werden gefiltert)		FALSE
P_SEL	BOOL	P-Anteil einschalten		TRUE
PFDB_SEL	BOOL	P-Anteil in Rückführung schalten		FALSE
INT_HPOS	BOOL	I-Anteil in positiver Richtung einfrieren		FALSE
INT_HNEG	BOOL	I-Anteil in negativer Richtung einfrieren		FALSE

Tabelle 9-10 Statische Lokaldaten PID_ES (Eingänge), Fortsetzung

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbelegung
I_ITL_ON	BOOL	I-Anteil vorbesetzen		FALSE
DFDB_SEL	BOOL	D-Anteil in Rückführung schalten		FALSE
DISV_SEL	BOOL	Störgröße aufschalten		FALSE
LMNR_ON	BOOL	Stellungsrückmeldung einschalten (Betriebsarten: Schrittregler mit/ohne Stellungsrückmeldung) Nicht im Regelbetrieb umschalten!		FALSE
LMNRP_ON	BOOL	Stellungsrückmeldung von Peripherie einschalten		FALSE
TM_SNBR	INT	Nr. des nächsten Stützpunktes zur Fortsetzung der Fahrkurve	≥0 (dimensionslos)	0
TM_CONT	TIME	Zeitspanne bis zur Fortsetzung der Fahrkurve (Zeitspanne, die abläuft, bevor der Zeitplangeber nach einer Unterbrechung die Fahrkurve am Stützpunkt TM_SNBR weiter bearbeitet)	gesamter Wertebereich (dimensionslos)	T#0s
FAC	REAL	Faktor (Verhältnis- oder Mischungsfaktor)	gesamter Wertebereich (dimensionslos)	1.0
NM_SPEHR	REAL	Sollwert-Normierung: Eingang oben		100.0
NM_SPELR	REAL	Sollwert-Normierung: Eingang unten		–100.0
SPFC_OUT	REAL	Sollwert FC-Ausgang (wird mit dem Ausgang des FC im Sollwertzweig verschaltet)	–100.0 ... 100.0	0.0
SPURLM_P	REAL	Sollwert-Anstiegsbegrenzung im positiven Bereich	≥0 [/s]	10.0
SPDRLM_P	REAL	Sollwert-Abstiegsbegrenzung im positiven Bereich	≥0 [/s]	10.0
SPURLM_N	REAL	Sollwert-Anstiegsbegrenzung im negativen Bereich	≥0 [/s]	10.0
SPDRLM_N	REAL	Sollwert-Abstiegsbegrenzung im negativen Bereich	≥0 [/s]	10.0
NM_PIHR	REAL	Istwert-Normierung: Eingang oben		100.0
NM_PILR	REAL	Istwert-Normierung: Eingang unten		–100.0
NM_PVHR	REAL	Istwert-Normierung: Ausgang oben		100.0
NM_PVLR	REAL	Istwert-Normierung: Ausgang unten		–100.0
PV_TMLAG	TIME	Istwertverzögerungszeit (Verzögerung des PT1-Gliedes im PV-Zweig)	gesamter Wertebereich	T#5s
SQRT_HR	REAL	Quadratwurzel: Messbereich Ausgang oben		100.0
SQRT_LR	REAL	Quadratwurzel: Messbereich Ausgang unten		0.0
PVFC_OUT	REAL	Istwert FC-Ausgang (wird mit dem Ausgang des FC im Istwertzweig verschaltet)	–100.0 ... 100.0	0.0

Tabelle 9-10 Statische Lokaldaten PID_ES (Eingänge), Fortsetzung

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbelegung
PVURLM_P	REAL	Istwert-Anstiegsbegrenzung im positiven Bereich	0 [/s]	10.0
PVDRLM_P	REAL	Istwert-Abstiegsbegrenzung im positiven Bereich	≥0 [/s]	10.0
PVURLM_N	REAL	Istwert-Anstiegsbegrenzung im negativen Bereich	≥0 [/s]	10.0
PVDRLM_N	REAL	Istwert-Abstiegsbegrenzung im negativen Bereich	≥0 [/s]	10.0
PV_HYS	REAL	Istwert Hysterese (Vermeidet 'Flackern' der Überwachungsanzeige)	≥0	1.0
DEADB_W	REAL	Totzonenbreite (bestimmt Größe des Unempfindlichkeitsbereichs)	0.0 ... 100.0	1.0
ERP_ALM	REAL	Regeldifferenz: positiver Grenzwert 'Alarm'	0 ... 200.0	100.0
ERP_WRN	REAL	Regeldifferenz: positiver Grenzwert 'Warnung'	0 ... 200.0	90.0
ERN_WRN	REAL	Regeldifferenz: negativer Grenzwert 'Warnung'	–200.0 ... 0	–90.0
ERN_ALM	REAL	Regeldifferenz: negativer Grenzwert 'Alarm'	–200.0 ... 0	–100.0
ER_HYS	REAL	Regeldifferenz Hysterese (Vermeidet 'Flackern' der Überwachungsanzeige)	≥0	1.0
I_ITLVAL	REAL	Initialisierungswert für I-Anteil	–100.0 ... 100.0 [%]	0.0
LMNR_FAC	REAL	Stellungsrückmeldungs-Faktor (Faktor zur Anpassung des Rückmeldungsbereichs)	gesamter Wertebereich (dimensionslos)	1.0
LMNR_OFF	REAL	Stellungsrückmeldungs-Offset (Nullpunkt der Rückmeldungsnormierung)	–100.0 ... 100.0 [%]	0.0
PULSE_TM	TIME	Mindestimpulsdauer	= n * CYCLE /n=0,1,2...	T#3s
BREAK_TM	TIME	Mindestpausendauer	= n * CYCLE /n=0,1,2...	T#3s
MTR_TM	TIME	Motorstellzeit	≥CYCLE	T#30s
PHASE	INT	Phase vom PID Self Tuner		0

Tabelle 9-11 Statische Lokaldaten PID_ES (Ausgänge)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	Vorbelegung
QPVH_ALM	BOOL	Istwert: oberer Grenzwert 'Alarm' angesprochen	FALSE
QPVH_WRN	BOOL	Istwert: oberer Grenzwert 'Warnung' angesprochen	FALSE
QPVL_WRN	BOOL	Istwert: unterer Grenzwert 'Warnung' angesprochen	FALSE
QPVL_ALM	BOOL	Istwert: unterer Grenzwert 'Alarm' angesprochen	FALSE
QR_S_ACT	BOOL	Zeittabelle für Fahrkurve wird bearbeitet	FALSE
QSP_HLM	BOOL	Sollwert: obere Begrenzung angesprochen	FALSE
QSP_LLM	BOOL	Sollwert: untere Begrenzung angesprochen	FALSE
QPVURLMP	BOOL	Istwert: Anstiegsgrenzwert im positiven Bereich angesprochen	FALSE
QPVDRLMP	BOOL	Istwert: Abstiegsgrenzwert im positiven Bereich angesprochen	FALSE
QPVURLMN	BOOL	Istwert: Anstiegsgrenzwert im negativen Bereich angesprochen	FALSE
QPVDRLMN	BOOL	Istwert: Abstiegsgrenzwert im negativen Bereich angesprochen	FALSE
QERP_ALM	BOOL	Regeldifferenz: positiver Grenzwert 'Alarm' angesprochen	FALSE
QERP_WRN	BOOL	Regeldifferenz: positiver Grenzwert 'Warnung' angesprochen	FALSE
QERN_WRN	BOOL	Regeldifferenz; negativer Grenzwert 'Warnung' angesprochen	FALSE
QERN_ALM	BOOL	Regeldifferenz: negativer Grenzwert 'Alarm' angesprochen	FALSE
QLMN_HLM	BOOL	Stellwert: obere Begrenzung angesprochen	FALSE
QLMN_LLM	BOOL	Stellwert: untere Begrenzung angesprochen	FALSE
NBR_ATMS	INT	Nummer des vom Zeitplangeber aktuell angefahrenen Stützpunktes	0
RS_TM	TIME	"Aktuelle Restzeit" der Fahrkurve bis zum nächsten Stützpunkt	T#0s
T_TM	TIME	"Gesamtzeit" = abgelaufene Zeit der Fahrkurve	T#0s
RT_TM	TIME	"Gesamtrestzeit" = Zeit bis zum Ende der Fahrkurve	T#0s
ER	REAL	Regeldifferenz	0.0
LMN_P	REAL	P-Anteil	0.0
LMN_I	REAL	I-Anteil	0.0
LMN_D	REAL	D-Anteil	0.0
SPFC_IN	REAL	Sollwert FC-Eingang (wird mit Eingang des selbstdefinierten FC verschaltet)	0.0
PVFC_IN	REAL	Istwert FC-Eingang (wird mit Eingang des selbstdefinierten FC verschaltet)	0.0

Tabelle 9-12 Vom Konfigurierwerkzeug benutzte statische Lokaldaten (Schrittregler PID_ES)

Parameter	Datentyp	Erläuterung	Vorbelegung
SP_OP_ON	BOOL	Sollwertbedienung einschalten (der Wert von SP_OP wird als Sollwert übernommen)	FALSE
PV_OP_ON	BOOL	Istwertbedienung einschalten (der Wert von PV_OP wird als Sollwert übernommen)	FALSE
LMNOP_ON	BOOL	Stellwertbedienung einschalten (der Wert von LMN_OP wird als Sollwert übernommen)	FALSE
LMNSOPON	BOOL	Stellwertsignalbedienung einschalten (LMNUP_OP und LMNDN_OP werden als Stellsignale übernommen)	FALSE
LMNUP_OP	BOOL	Stellwertsignal Hoch	FALSE
LMNDN_OP	BOOL	Stellwertsignal Tief	FALSE
LMNRS_ON	BOOL	Simulation der Stellungsrückmeldung einschalten	FALSE
SP_OP	REAL	Sollwertbedienung am Konfigurierwerkzeug	0.0
PV_OP	REAL	Istwertbedienung am Konfigurierwerkzeug	0.0
LMN_OP	REAL	Stellwertbedienung am Konfigurierwerkzeug	0.0
LMNRSVAL	REAL	Startwert der simulierten Stellungsrückmeldung	0.0
LMNR_SIM	REAL	Aktueller Wert der simulierten Stellungsrückmeldung	0.0
MP1	REAL	Messpunkt 1: Interner Sollwert	0.0
MP2	REAL	Messpunkt 2: Externer Sollwert	0.0
MP3	REAL	Messpunkt 3: UnbegrenzterSollwert	0.0
MP4	REAL	Messpunkt 4: Istwert von der Peripheriebaugruppe	0.0
MP5	REAL	Messpunkt 5: Istwert nach dem Verzögerungsglied 1. Ordnung	0.0
MP6	REAL	Messpunkt 6: Wirksamer Istwert (PV)	0.0
MP7	REAL	Messpunkt 7: Stellwert vom PID-Algorithmus	0.0
MP8	REAL	Messpunkt 8: Hand-Stellwert	0.0
MP9	REAL	Messpunkt 9: Unbegrenzter Stellwert	0.0
MP10	REAL	Messpunkt 10: Stellungsrückmeldung Peripherie	0.0
MP11	REAL	Messpunkt 11: Rückkopplungswert (LMNR_ON = FALSE) Stellungsrückmeldung (LMNR_ON = TRUE)	0.0
MP12	REAL	Messpunkt 12: Dreipunktglied Eingang	0.0

Die vom Konfigurierungswerkzeug genutzten statischen Lokaldaten stehen am Beginn des Wertebereiches der statischen Lokaldaten.

Hinweis

Alle anderen statischen Lokaldaten dürfen nicht beeinflusst werden.

Tabelle 9-13 Funktion RMP_SOAK (PID_CP und PID_ES): Globaler Datenbaustein (DB_NBR), vorbelegt mit Startpunkt und vier Stützpunkten

Parameter	Daten-typ	Kommentar		zulässiger Wertebereich	Vorbele-gung
NBR_PTS	INT	Anzahl der Stützpunkte		0 ... 255	4
PI[0].OUTV	REAL	Ausgangswert [0]:	Startpunkt	gesamter Wertebereich	0.0
PI[0].TMV	TIME	Zeitwert [0]:	Startpunkt	gesamter Wertebereich	T#1 s
PI[1].OUTV	REAL	Ausgangswert [1]:	Stützpunkt 1	gesamter Wertebereich	0.0
PI[1].TMV	TIME	Zeitwert [1]:	Stützpunkt 1	gesamter Wertebereich	T#1 s
PI[2].OUTV	REAL	Ausgangswert [2]:	Stützpunkt 2	gesamter Wertebereich	0.0
PI[2].TMV	TIME	Zeitwert [2]:	Stützpunkt 2	gesamter Wertebereich	T#1 s
PI[3].OUTV	REAL	Ausgangswert [3]:	Stützpunkt 3	gesamter Wertebereich	0.0
PI[3].TMV	TIME	Zeitwert [3]:	Stützpunkt 3	gesamter Wertebereich	T#1 s
PI[4].OUTV	REAL	Ausgangswert [4]:	Stützpunkt 4	gesamter Wertebereich	0.0
PI[4].TMV	TIME	Zeitwert [4]:	Stützpunkt 4	gesamter Wertebereich	T#0 s

9.3 Parameter der Funktion LP_SCHED

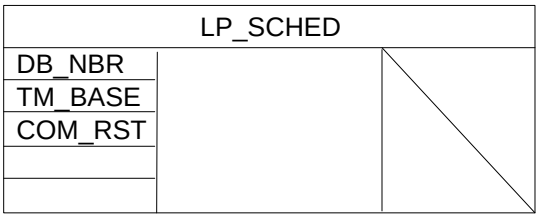


Bild 9-1 Funktion LP_SCHED

Tabelle 9-14 Eingangsparameter von LP_SCHED

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbelegung
TM_BASE	TIME	Zeitbasis (Zeittakt der Weckalarmebene, in der LP-SCHED aufgerufen wird)	≥20 ms (S7-300) ≥5 ms (S7-400)	100 ms
COM_RST	BOOL	Neustart (Neustartroutine des LP_SCHED wird bearbeitet)		FALSE
DB_NBR	BLOCK_DB	Datenbausteinnummer (DB mit den Aufrufdaten der Regelkreise)		DB 1

Tabelle 9-15 Globaler Datenbaustein ”DB_NBR”

Parameter	Datentyp	Erläuterung	zulässiger Wertebereich	Vorbelegung
GLP_NBR	INT	größte Regelkreisnummer	1 ... 256	2
ALP_NBR	INT	aktuelle Regelkreisnummer	1 ... 256	0
LOOP_DAT[1] MAN_CYC	TIME	Regelkreisdaten [1]: manuelle Abtastzeit	≥20 ms (S7-300) ≥5 ms (S7-400)	T#1s
LOOP_DAT[1] MAN_DIS	BOOL	Regelkreisdaten [1]: manuell Regleraufruf sperren		FALSE
LOOP_DAT[1] MAN_CRST	BOOL	Regelkreisdaten [1]: manuell Neustart setzen (Anwender kann den betreffenden Regelkreis rücksetzen)		FALSE
LOOP_DAT[1] ENABLE	BOOL	Regelkreisdaten [1]: Reglerfreigabe (Anwender muss den bedingten Aufruf des Regelkreises programmieren)		FALSE
LOOP_DAT[1] COM_RST	BOOL	Regelkreisdaten [1]: Neustart (dieser Parameter wird mit COM_RST des Regelkreises verschaltet)z		FALSE
LOOP_DAT[1] ILP_COU	INT	Regelkreisdaten [1]: Interner Regelkreiszähler (interne Zählvariable)		0
LOOP_DAT[1] CYCLE	TIME	Regelkreisdaten [1]: Abtastzeit	≥20 ms (S7-300) ≥5 ms (S7-400)	T#1s
. . .		. . .	. . .	. . .
. . .		. . .	. . .	. . .

Projektiersoftware für Standard PID Control

10

Voraussetzungen

STEP 7 muss korrekt auf Ihrem PG/PC installiert sein.

Lieferform

Die Auslieferung der Software erfolgt auf CD.

Installation

So installieren Sie die Software:

1. Legen Sie die CD mit Standard PID Control Tool in das Laufwerk ein.
2. Starten Sie unter WINDOWS den Dialog zur Installation von Software durch Doppelklick auf das Symbol ”Software” in ”Systemsteuerung”.
3. Wählen Sie im Dialog das Laufwerk und die Datei Setup.exe aus und starten Sie den Installationsvorgang.

   Dabei wird das Konfigurationswerkzeug auf Ihrem PG/PC installiert.
4. Befolgen Sie Schritt für Schritt die Anweisungen, die Ihnen das Installationswerkzeug anzeigt.

Liesmich-Datei auslesen

Gegebenenfalls sind wichtige aktuelle Informationen über die gelieferte Software in einer Liesmich-Datei abgelegt. Diese Datei finden Sie im Startmenü von WINDOWS unter SIMATIC\STEP7\Hinweise.

Zweck

Das Konfigurationswerkzeug soll Ihnen die Parametrierung und Inbetriebnahme des Standard-Reglerbausteines erleichtern, sodass Sie sich verstärkt dem eigentlichen Regelungsproblem zuwenden können.

Mit dem Konfigurationswerkzeug können Sie die Standard-Reglerbausteine

- PID_CP (Regler mit kontinuierlichem Ausgang)
- PID_ES (Regler mit Ausgang für Schrittregelung)

parametrieren und damit optimal an die Prozesseigenschaften der Regelstrecke anpassen.

Die Funktionen des Konfigurationswerkzeuges

Die Leistungen des Konfigurationswerkzeuges sind in einzelne Funktionen aufgeteilt. Jede dieser Funktionen läuft in einem eigenen Fenster ab. Eine Funktion kann auch mehrfach aufgerufen werde, d. h. Sie können z. B. die Kreisbilder von mehreren Reglern simultan darstellen.

Regler beobachten

Mit Hilfe der Funktion **Kurvenschreiber** können Sie für von Ihnen ausgewählte Variablen des Regelkreises den Werteverlauf über einen definierten Zeitraum aufzeichnen und darstellen lassen. Es sind bis zu vier Variablen gleichzeitig darstellbar.

Mit der Funktion **Kreisbild** können Sie sich die relevanten Regelkreisgrößen (Sollwert, Stellwert und Istwert) eines von Ihnen ausgewählten Reglers darstellen lassen. Weiter werden Grenzwertüberschreitungen der Prozessvariablen angezeigt.

Regler optimieren

Mit Hilfe der Funktion **Regleroptimierung** können Sie für einen vorgegebene Regelkreis die optimale Reglereinstellung ermitteln. In einem experimentellen Verfahren werden die Kennparameter der Regelstrecke ermittelt. Daraus werden die optimalen Reglerparameter berechnet und zu Ihrer weiteren Verwendung bereitgestellt.

Es spielt dabei keine Rolle, ob die aufgezeichneten Einschwingvorgänge von einem Regler stammen, der auf einen simulierten Prozess wirkt oder der online den realen Prozess beeinflusst.

Regler bedienen

Über die Funktion Kreisbild können Sie die relevanten Regelkreisgrößen das aktuell angezeigten Reglers verändern bzw. neu vorgeben.

Integrierte Hilfe

Zum Konfigurationswerkzeug gibt es eine integrierte Hilfe, die Sie unterstützt. Sie haben folgende Möglichkeiten, die integrierte Hilfe aufzurufen:

- Über den Menübefehl **Hilfe > Hilfethemen**
- Durch Drücken der Taste F1
- Durch Anklicken des Hilfe-Buttons in den einzelnen Masken
- Über den Menübefehl **Hilfe > Hilfe zum Kontext** und anschließender Auswahl des Funktionsblocks oder Parameters, für den Sie Hilfe benötigen
- Über den Button “Hilfe” (Pfeil mit Fragezeichen) in der Symbolleiste und anschließender Auswahl des Funktionsblocks oder Parameters, für den Sie Hilfe benötigen

Wenn Sie mit der Maus auf ein Eingabefeld oder eine Verbindungslinie im Hauptfenster zeigen, werden Ihnen der Parametername und die Adresse im Datenbaustein angezeigt. Wenn Sie den Baustein online geöffnet haben, wird Ihnen zusätzlich der Online-Wert der Variablen angezeigt.

Literaturverzeichnis

A

/70/ Handbuch: *Automatisierungssystem S7-300,*
Aufbauen

/71/ Referenzhandbuch: *Automatisierungssysteme S7-300, M7-300*
Baugruppendaten

/100/ Installationshandbuch: *Automatisierungssysteme S7-400, M7-400,*
*A*ufbauen

/101/ Referenzhandbuch: *Automatisierungssysteme S7-400, M7-400*
Baugruppendaten

/231/ Handbuch: *Hardware konfigurieren und Verbindungen projektieren mit STEP 7 V5.1*

/232/ Referenzhandbuch: *Anweisungsliste (AWL) für S7-300/400,*

/234/ Handbuch: *Programmieren mit STEP 7 V5.1*

/352/ J. Gißler, M. Schmid: Vom Prozess zur Regelung. Analyse, Entwurf, Realisierung in der Praxis. Siemens AG. ISBN 3-8009-1551-0.

Glossar

Abtastregler (sampling controller)

Mit Abtastregler bezeichnet man einen Regler, der in konstanten Zeitabständen die analogen Eingangsgrößen (Sollwert, Istwert) erfasst, diese bis zum nächsten Abtastzeitpunkt speichert und die Stellgröße berechnet.

Abtastzeit T_A (sample time)

Die Abtastzeit ist die Zeitspanne zwischen zwei Abtastzeitpunkten bzw. Bearbeitungszyklen des Regelalgorithmus für einen bestimmten Mess-/Regelkanal. Diese Zeitabstände sind konstant und an das Zeitverhalten der Regelstrecke anpassbar:

T_A = CYCLE.

Analogwert Ein-/Ausgabe (analog in-/output)

Der Analogwert Ein-/Ausgabe (CRP_IN bzw. CRP_OUT) ist ein Algorithmus zur Wandlung eines Eingangswertes im Peripherie(daten-)format in einen Gleitpunktwert und Normierung auf Prozent, entsprechend Wandlung eines internen Prozentwertes in das Peripherieformat der Ausgangsgröße.

Anpassfaktor (alignment factor)

Bei einer Verhältnisregelung werden mit dem Anpassfaktor FAC die Führungsgrößen der Regelkreise aneinander angepasst, und zwar so, dass das eingestellte Verhältnis dem tatsächlichen Verhältnis der beiden Regelgrößen entspricht (→ Verhältnisregelung).

Bei einer Mischungsregelung wird mit dem Anpassfaktor FAC der gewünschte Mengenanteil der einzelnen Komponenten eingestellt. Die Summe der Mischungsfaktoren FAC muss dabei 1 sein (→ Mischungsregelung).

Ansprechschwelle des Schrittregler-Ausgangs (response threshold)

Die Ansprechschwelle des Schrittreglers wird im Dreipunktglied (THREE_ST) automatisch angepasst. Dies führt zu einer Reduzierung der Impulse und schont die Stellventile. Zusätzlich kann die Länge der Impulse und der Impulspause über die Mindestimpulsdauer bzw. die Mindestpausendauer eingestellt werden.

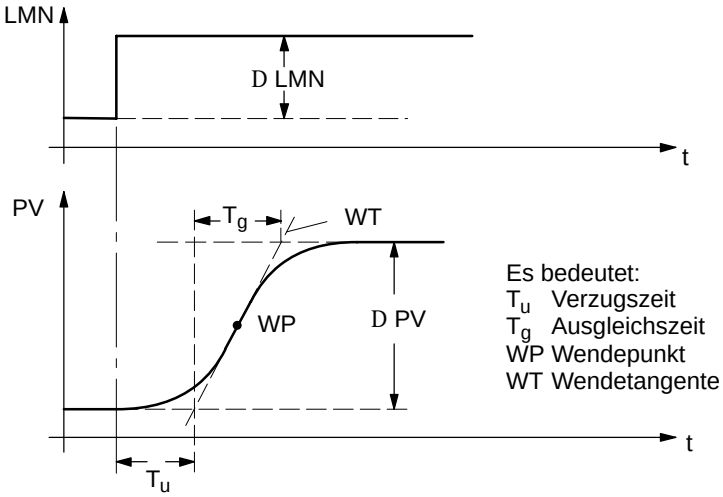
Die Mindestimpulsdauer (PULSE_TM) oder die Mindestpausendauer (BREAK_TM) bestimmen, wie lange ein Ausgang mindestens ein- oder ausgeschaltet wird.

Arbeitspunkt (operating point)

Der Arbeitspunkt bezeichnet den Stellwert, bei dem die Abweichung der Regelgröße vom Sollwert zu Null wird. Von Bedeutung ist dieser Wert bei Reglern ohne I-Anteil, bei denen im Beharrungszustand eine bleibende Regeldifferenz zur Aufrecherthaltung des benötigten Stellwertes notwendig ist. Soll diese Differenz verschwinden, dann ist der Arbeitspunktparameter entsprechend anzupassen.

Ausgleichszeit (control settling time)

Bei einer Sprungantwort einer PT-Strecke (= Strecke mit Ausgleich) höherer Ordnung versteht man unter der Ausgleichszeit den Abschnitt, den die Wendetangente auf den durch Anfangs- und Endwert gelegten Parallelen zur Zeitachse abschneidet.



Übergangsfunktion einer PT3-Strecke

Ausregelzeit (control settling time)

Die Ausregelzeit ist die Zeitspanne vom Verlassen des bisherigen Beharrungszustandes bis zum letztmaligen Eintauchen der Regelgröße in das Toleranzband von ±5 % um den Sollwert nach Führungsgrößenänderungen oder Störungen.

Auswahlregelung (selection control)

Die Auswahlregelung wird bei Prozessen eingesetzt, die bei verschiedenen Betriebsbedingungen unterschiedliche Regelungsstrukturen verlangen. Es ist ein Kriterium zur Auslösung des Umschaltvorganges erforderlich.

Automatikbetrieb (automatic mode)

Der Regler arbeitet und berechnet die Stellgröße mit dem Ziel, die Regeldifferenz zu minimieren (Regelkreis geschlossen).

AS (PC)

Automatisierungssystem, bestehend aus einer oder mehreren Zentralprozessoreinheit(en) (CPU), den Peripherieeinheiten mit digitalen/analogen Ein- und/oder Ausgängen, den Einheiten zur Kopplung und Kommunikation mit weiteren Systemeinheiten und ggf. einer Stromversorgung.

Begrenzung (limiter)

Algorithmus (Funktion) zur Einschränkung des Wertebereiches stetiger Größen auf vorgebbare obere/untere Begrenzungswerte.

D-Anteil (derivative component)

Mit D-Anteil bezeichnet man den Differentialanteil des Reglers.

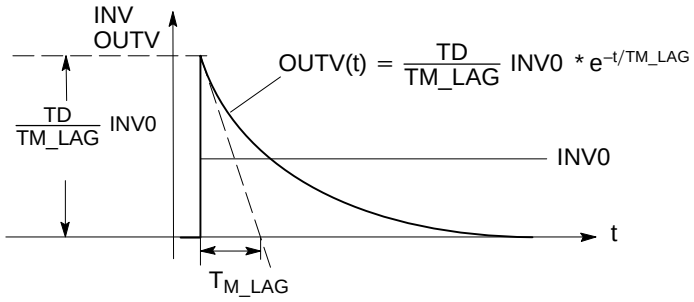
D-Glieder allein sind zur Regelung ungeeignet, da sie bei Einstellung der Eingangsgröße auf einen Beharrungswert kein Ausgangssignal abgeben.

DDC (direct digital control)

DDC ist eine diskrete Regelung, bei der die Regeldifferenz jeweils zum Abtastzeitpunkt aktualisiert wird (→ Abtastzeit, → Digitale Regelung).

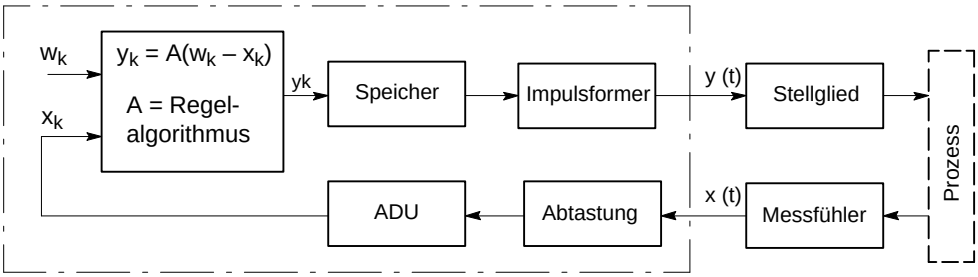
Differenzierung (derivative action)

Ein Verfahren (Algorithmus) zur Differenzierung einer analogen Größe, wobei das Zeitverhalten durch die Differenzierzeit TD (= Vorhaltzeit) bestimmt wird. Das Ausgangssignal des Differenziergliedes ist proportional zur zeitlichen Ableitung seines Eingangssignals. Zur Unterdrückung von differentiellen Spitzen bzw. von Störsignalen ist eine Verzögerung erster Ordnung TM_LAG vorgesehen. Die Sprungfunktion hat folgende Form:



Digitale Regelung (Abtastregelung) (digital control)

Regler der in konstanten Zeitabständen (→ Abtastzeit) einen neuen Wert der Regelgröße (Istwert) erfasst und danach abhängig vom Wert der aktuellen Regeldifferenz einen neuen Wert für die Stellgröße berechnet.



Dreipunktregler (three step controller)

Regler, bei dem die Ausgangsgröße nur drei diskrete Zustände annehmen kann: z. B. ”heizen – aus – kühlen” oder ”rechts – Stillstand – links” (→ Schrittregler).

Fahrkurve

→ Zeitplangeber

Festwertregelung (fixed setpoint control)

Als Festwertregelung bezeichnet man eine Regelung mit einer festen, nur gelegentlich veränderten Führungsgröße. Sie regelt im Prozess auftretende Störgrößen aus.

Folgeregegelung (follow-up control)

Als Folgeregelung bezeichnet man eine Regelung, bei welcher der Führungswert laufend von außen beeinflusst wird (unterlagerter Regler einer mehrschleifigen Regelung). Aufgabe des Folgereglers ist, die lokale Regelgröße möglichst schnell und genau mit der Führungsgröße zur Deckung zu bringen.

Führungsgröße (setpoint)

Die Führungsgröße gibt den gewünschten Wert bzw. Verlauf der interessierenden Prozessgröße vor. Ihr Momentanwert heißt → Sollwert (SP).

Führungsregler (master controller)

Der Führungsregler ist ein überlagerter Regler einer mehrschleifigen Regelung. Erzeugt den Führungs-(Soll)wert für den nachgeschalteten (Folge-)Regler (→ Kaskadenregelung).

Führungsverhalten (master control behavior)

Das Führungsverhalten ist das Verhalten (zeitlicher Verlauf) der Regelgröße im geschlossenen Regelkreis nach einer (sprungförmigen) Änderung des Sollwertes.

Grenzwertmelder (limit alarm monitor)

Algorithmus (Funktion) zur Überwachung einer analogen Größe auf vier vorgebbare Grenzen. Bei Erreichen und Über-/Unterschreiten dieser Grenzen wird ein zugehöriges Warnsignal (1. Grenze) oder Alarmsignal (2.Grenze) erzeugt. Zur Verhinderung von Signalflackern ist die Ausschaltschwelle (Rückschaltdifferenz) der Grenzsignale über einen Parameter für die Hysterese einstellbar.

Handbetrieb (manual processing)

Beeinflussung des Wertes der Stellgröße (LMN) durch Handbedienung. Der aktuelle Stellwert wird vom Bediener oder STEP 7-Anwenderprogramm als Prozentwert des Stellbereiches vorgegeben.

Die Umschaltung zwischen Automatik- und Handbetrieb kann ’stoßfrei’ erfolgen, wenn rampenförmige An- und Abstiegsbegrenzungen der Stellgröße vorgesehen werden (Funktion: LMN_ROC).

Handstellwert (manual value)

Bei aufgetrenntem Regelkreis (→ Handbetrieb) manuell absolut oder inkrementell (über Schalterbedienung) vorgegebener Wert der Stellgröße (in % des Stellbereichs).

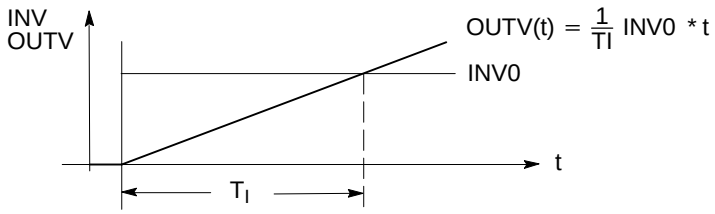
I-Anteil (integral component)

Integralanteil des Reglers.

Nach einer sprungförmigen Änderung der Regelgröße (bzw. Regeldifferenz) ändert sich die Ausgangsgröße rampenförmig über der Zeit, und zwar mit einer Änderungsrate, die dem Integrierbeiwert KI (= 1/TI) proportional ist. Der Integralanteil bewirkt im geschlossenen Regelkreis, dass die Reglerausgangsgröße so lange verstellt wird, bis die Regeldifferenz zu Null geworden ist.

Integration (integral action)

Verfahren (Algorithmus) zur Integration einer analogen Größe, wobei das Zeitverhalten durch die Integrationszeit TI (Nachstellzeit) bestimmt wird. Das Ausgangssignal des Integrierers ändert sich geschwindigkeitsproportional zur statischen Änderung des Eingangssignals. Der Integrierbeiwert KI = 1/TI ist ein Maß für die Anstiegsgeschwindigkeit des Ausgangssignals bei von Null verschiedenem Eingangssignal. Die Sprungfunktion hat folgende Form:



Impulsbreitenmodulation (pulse width modulation)

Die Impulsbreitenmodulation ist ein Verfahren zur Beeinflussung der Stellgröße bei schaltendem Ausgang. Der errechnete Stellwert in Prozent wird in eine proportionale Einschaltdauer (ED) des betreffenden Stellausgangs umgeformt,
z. B. ist 100 % ED = T_A bzw. = CYCLE.

Interpolation (interpolation)

Die Interpolation ist ein Verfahren zur Ermittlung von Zwischenwerten aufgrund bekannter Randwerte eines Intervalls (→ Zeiplangeber).

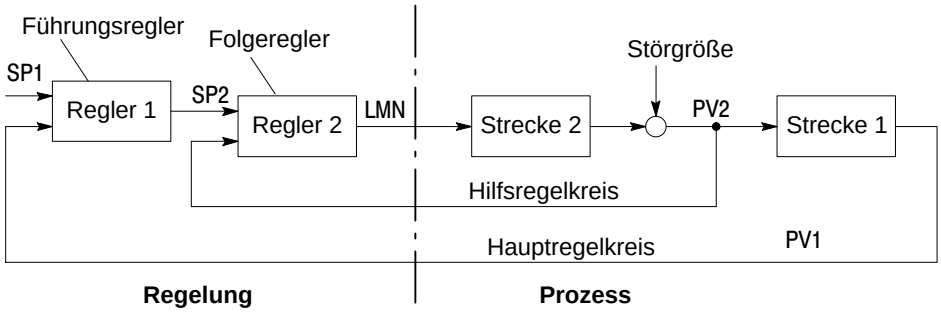
Istwert (process variable)

Momentanwert der Regelgröße PV

Kaskadenregelung (cascade control)

Die Kaskadenregelung ist eine Hintereinanderschaltung von Reglern, wobei der erste Regler (Führungsregler) den nachgeschalteten Reglern (Folgeregler) den Sollwert vorgibt bzw. deren Sollwerte gemäß der aktuellen Regeldifferenz der Hauptregelgröße beeinflusst.

Durch Einbeziehen von zusätzlichen Prozessgrößen lässt sich das Regelergebnis mit einer Kaskadenregelung verbessern. Dazu wird an geeigneter Stelle eine Hilfsregelgröße PV2 erfasst und diese auf den Führungssollwert (Ausgang des Führungsreglers SP2) geregelt. Der Führungsregler regelt den Istwert PV1 auf den Festen Sollwert SP1 und stellt dazu SP2 so ein, dass dieses Ziel möglichst schnell und überschwingungsfrei erreicht wird.



Konfiguration (configuration)

Werkzeug (Software) zur Erstellung und Parametrierung einer Standard-Regelung sowie zur Optimierung des Reglers mit Hilfe der aus einer Streckenidentifikation gewonnenen Daten.

Korrekturprofil (adjustment profile)

Bei Mischungs- und Kaskadenregelungen mit mehreren Folgekreisen kann deren Sollwertbeeinflussung durch jeweils einen spezifischen Bewertungsfaktor (FAC) dimensioniert werden. Dieser kennzeichnet jeweils das Maß für die Stärke des Eingriffs an dieser Stelle, woraus sich insgesamt das Korrekturprofil ergibt.

Kreisverstärkung (loop gain)

Die Kreisverstärkung ist ein Produkt aus Proportionalbeiwert (GAIN) und Verstärkung der Regelstrecke (K_S)

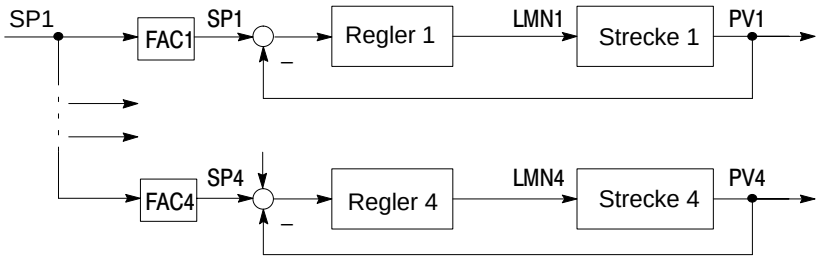
Lineare Skalierung (linear scaling)

Die lineare Skalierung ist eine Funktion zur Umwandlung bzw. Korrektur von Prozesswerten.

Algorithmus: Ausgang = Eingang * FACTOR + OFFSET

Mischungsregelung (blending control)

Die Mischungsregelung ist eine Regelungsstruktur, bei welcher der Sollwert für die Gesamtmenge SP prozentual auf die gewünschten Mengenanteile der einzeln geregelten Komponenten umgerechnet wird. Die Summe der Mischungsfaktoren FAC muss dabei 1 sein.



Modulare Regelung (modular PID control)

Die modulare Regelung ist eine Regelungsstruktur, bei der signalverarbeitende und regelungstechnische Funktionen vom Anwender freizügig zusammengestellt werden können. Der so konfigurierte Regler lässt sich dadurch auch strukturell optimal an die jeweilige Aufgabenstellung anpassen (eigenes S7-Softwarepaket).

Nachstellzeit T_N (reset time)

Die Nachstellzeit bestimmt das Zeitverhalten des I-Anteils im PI- oder PID-Regler (T_N = TI).

Neustart (complete restart)

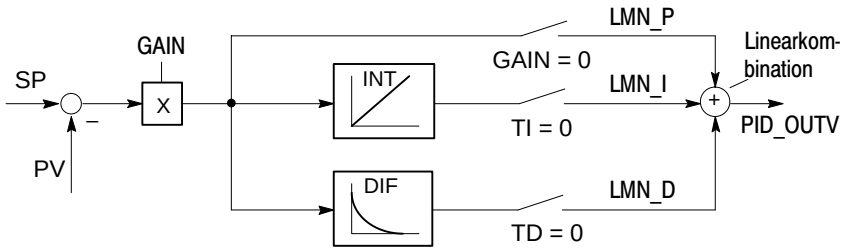
Bei Neustart einer Regelung kann von einem definierten Anfangszustand aus gestartet werden. Die Ausgangsparameter und lokalstatischen Daten des Reglers werden in der 'Neustartroutine' vorbesetzt.

Normierung (physical norm)

Die Normierung ist ein Verfahren (Algorithmus) zur Umwandlung (Normierung) der physikalischen Werte einer Prozessgröße in die (intern verarbeiteten) Prozentwerte der Standard-Regelung und Umwandlung umgekehrt am Ausgang. Die Normierungsgerade wird durch den Anfangswert (OFFSET) und die Steigung (FACTOR) festgelegt.

Parallelstruktur (parallel structure)

Die Parallelstruktur ist ein spezielle Art der Signalverarbeitung im Regler (Art der mathematischen Bearbeitung). P-, I- und D-Anteil werden als interaktionsfrei parallel wirkend berechnet und dann summiert.



P-Regler (P algorithm)

Algorithmus zur Errechnung eines Ausgangssignals, bei welchem ein proportionaler Zusammenhang zwischen Regeldifferenz und Stellgrößenänderung besteht. Merkmale: bleibende Regeldifferenz, an Totzeitstrecken nicht zu verwenden.

PI-Regler (PI algorithm)

Algorithmus zur Errechnung eines Ausgangssignals, bei dem sich die Änderung der Stellgröße zusammensetzt aus einem zur Regeldifferenz proportionalen Anteil und einem I-Anteil, welcher dem Wert der Regeldifferenz und der Zeit proportional ist. Merkmale: keine bleibende Regeldifferenz, schnellere Ausregelung als beim I-Regler, für viele Strecken geeignet.

PID-Regler (PID algorithm)

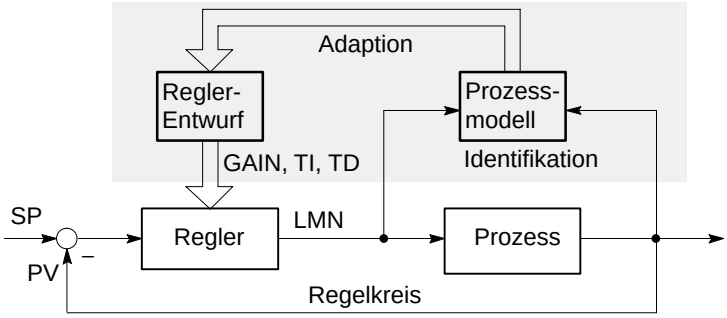
Algorithmus zur Errechnung eines Ausgangssignals, das durch Multiplikation, Integration und Differentiation aus der Regeldifferenz gebildet wird. Der PID-Algortithmus ist in reiner → Parallelstruktur ausgeführt. Merkmal: hohe Regelgüte erreichbar, solange die Totzeit der Regelstrecke nicht größer ist als die Summe der übrigen Zeitkonstanten.

Physikalische Normierung (pysical norm)

→ Normierung

Prozessidentifikation (process identification)

Die Prozessidentifikation ist eine Funktion des Konfigurationswerkzeugs, welche Informationen über das Übertragungsverhalten und die Struktur des Prozesses liefert. Als Ergebnis wird ein geräteunabhängiges Prozessmodell ermittelt, das den Prozess in seinem statischen und dynamischen Verhalten beschreibt. Davon abgeleitet werden optimale Werte für die Reglerkenngrößen errechnet (Reglerentwurf).



Quadratwurzel

→ Radizierung

Radizierung (square root)

Mit der Quadratwurzelfunktion SQRT können quadratische Kennlinien linearisiert werden.

Rampengeber (rate of change, ROC)

Verfahren zur Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit analoger Größen, getrennt für den An- und Abstieg. Aus Sprungfunktionen am Eingang werden Funktionen mit endlicher Steigung am Ausgang.

Regeldifferenz (error signal, ER)

Die Regeldifferenz ist eine Funktion zur Bildung der Regeldifferenz ER = SP – PV. An der Vergleichsstelle wird die Differenz zwischen gewünschtem Sollwert und dem tatsächlich vorhandenen Istwert gebildet. Dieser Wert wird dem Regelalgorithmus als Eingang übergeben. Alte Bezeichnung: Regelabweichung.

Regeldifferenzüberwachung (error signal monitoring)

Die Regeldifferenzüberwachung ist eine Funktion zur Überwachung der Werte (Amplitude) der Regeldifferenz auf vier vorgebbare Grenzen. Bei Erreichen und Über-/Unterschreiten dieser Grenzen wird ein zugehöriges Warnsignal (1. Grenze) oder Alarmsignal (2. Grenze) erzeugt. Zur Verhinderung von Signalflackern ist die Ausschaltschwelle (Rückschaltdifferenz) der Grenzsignale über einen Parameter für die Hysterese einstellbar.

Regeleinrichtung (Control device)

Gesamtheit von Regler, Stellgerät und Aufnehmer (Messeinrichtung) für die Regelgröße.

Regelgröße (process variable, PV)

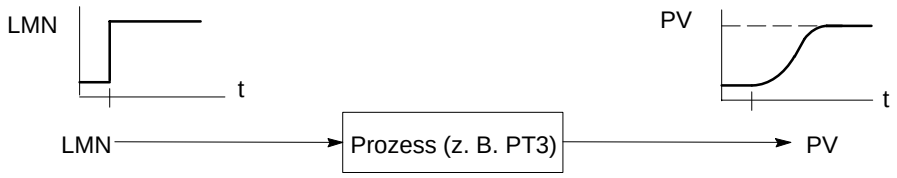
Prozessgröße (Ausgangsgröße der Regelstrecke), die an den Momentanwert der Führungsgröße angeglichen werden soll. Ihr Momentanwert heißt Istwert.

Regelkreis (control loop)

Mit Regelkreis bezeichnet man die Verbindung des Streckenausgangs (Regelgröße) mit dem Reglereingang und des Reglerausgangs (Stellgröße) mit dem Prozesseingang, so dass Regler und Prozess einen geschlossenen Wirkungskreis bilden.

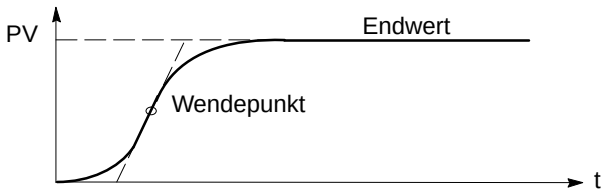
Regelstrecke (process unit)

Mit Regelstrecke bezeichnet man den Anlagenteilbereich, in dem die Regelgröße von der Stellgröße beeinflusst wird, z. B. durch Änderung der Stellenergie oder des Massenstroms.



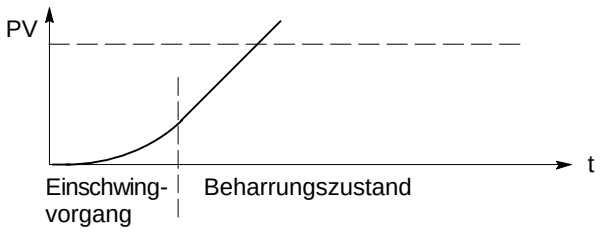
Regelstrecke mit Ausgleich (self-regulating process)

Man spricht von einer Strecke mit Ausgleich, wenn die Sprungantwort der Regelgröße einen stationären Endwert erreicht (PT-Verhalten).



Regelstrecke ohne Ausgleich (not balanced process)

Man spricht von einer Strecke ohne Ausgleich, wenn die Steigung der Regelgröße als Sprungantwort auf eine Störung oder Stellgrößenänderung im Beharrungszustand proportional zum Eingangssprung ist (I-Verhalten).



Regler (closed-loop controller)

Ein Regler ist eine Einrichtung, welche die Regeldifferenz fortlaufend erfasst (Vergleicher) und ggf. eine zeitabhängige Funktion zur Bildung des Stellsignals (Ausgangsgröße) erzeugt, mit dem Ziel, die Regeldifferenz schnell und überschwingungsfrei zum Verschwinden zu bringen.

Regleraufrufverteiler (loop scheduler)

Der Regleraufrufverteiler organisiert das zeitliche Aufrufverhalten mehrerer Regler in einer Weckalarmebene sowie den Aufruf der Reglerstrukturen bei Neustart. Wird dann eingesetzt, wenn viele Regler, die in den Weckalarmebenen nicht untergebracht werden können, oder Regler mit großen Abtastzeiten aufgerufen werden sollen.

Reglerparameter (control parameter)

Reglerparameter sind Kennwerte für die statische und dynamische Anpassung des Reglerverhaltens an die gegebenen Strecken- bzw. Prozesseigenschaften.

Schrittregler (step controller)

Der Schrittregler ist ein quasistetiger Regler mit diskontinuierlichem Ausgang (und motorischem Stellantrieb mit I-Wirkung). Das Stellsignal hat Dreipunktverhalten, z. B. aufwärts – halt – abwärts oder Schließen – Konstanthalten – Öffnen

(→ Dreipunktregler).

Signalflussplan (signal flow graph)

Der Signalflussplan stellt die aus regelungstechnischer Sicht wichtigen Wirkzusammenhänge einer Regeleinrichtung oder eines Prozesses dar. Der Signalflussplan besteht aus Übertragungsblöcken, die das Übertragungsverhalten der realen Regelkreisglieder kennzeichnen und aus Wirkungslinien, welche die Wirkungsrichtungen darstellen.

Sollwert (setpoint value, SP)

Der Sollwert ist der Wert, den die Regelgröße durch Einwirken eines Reglers annehmen soll.

Sollwertgenerator (setpoint value generator)

Mit Sollwertgenerator bezeichnet man eine Funktion zur getasteten Veränderung des Sollwertes mit Hilfe von Schaltern. In den ersten 3 Sekunden nach Betätigen des Gebers beträgt die Änderungsgeschwindigkeit nur 10 % der entgültigen Geschwindigkeit, die proportional zur Größe des zulässigen Verstellbereiches ist.

Standard-Regelung (standard PID control)

Eine Standardregelung ist eine fertige feste Reglerstruktur, die alle Funktionen einer Regleranwendung enthält. Der Anwender kann durch ”Softwareschalter” Funktionen zu- oder abschalten.

Stellgerät (process control unit)

Mit Stellgerät bezeichnet man den Teil des Regelkreises, der zum Beeinflussen der Stellgröße am Prozesseingang dient.

Stellgröße (manipulated variable, LMN)

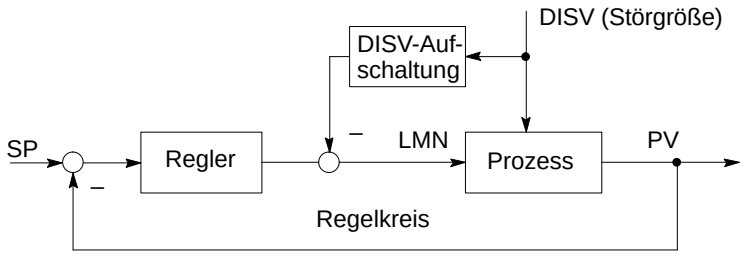
Die Stellgröße ist die Ausgangsgröße des Reglers bzw. die Eingangsgröße der Regelstrecke. Das Stellsignal kann den Stellbereich analog als Prozentwert oder als Pulsbreitenwert bzw. Impulsdauer abbilden. Bei integrierendem Stellglied (z. B. Motor) genügt es, binäre Auf-/Ab- bzw. Vor-/Zurück-Schaltsignale zu liefern.

Störgröße (disturbance variable, DISV)

Alle Einflussgrößen auf die Regelgröße – mit Ausnahme der Stellgröße – werden als Störgrößen bezeichnet. Additive Einflüsse auf das Streckenausgangssignal lassen sich durch Überlagerung mit dem Stellsignal kompensieren.

Störgrößenaufschaltung (controller with feedforward control)

Die Störgrößenaufschaltung ist ein Verfahren zur Verringerung/Beseitigung des Einflusses einer dominierenden (messbaren) Störgröße (z. B. Außentemperatur) auf den Regelkreis. Aus der gemessenen Störgröße DISV wird ein Korrektureingriff abgeleitet, mit dem auf Änderungen von DISV schneller reagiert werden kann. Im Idealfall wird der Einfluss voll kompensiert, ohne dass der Regler selbst einen Korrekturvorgang (über I-Teil) ausführen muss.



Strecke (process)

→ Regelstrecke

Totzeit (dead time)

Mit Totzeit bezeichnet man die zeitliche Verzögerung der Regelgrößenreaktion auf Störungen oder Stellwertänderungen bei Prozessen mit Transportvorgängen. Die Eingangsgröße eines Totzeitgliedes wird um den Wert der Totzeit zeitlich versetzt am Ausgang ausgegeben.

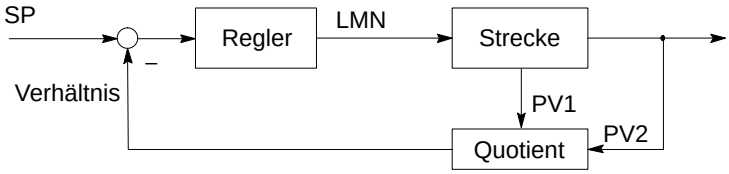
Trapezregel (trapeze rule)

Methode zur algorithmischen Nachbildung von kontinuierlichen I-, D- und Verzögerungs-Gliedern durch rekursive Differenzenberechnung. Bei Verwendung der Trapezregel wird der Regelalgorithmus des digitalen Reglers in seinem Verhalten dem eines analogen Reglers ähnlicher.

Verhältnisregelung (ratio controller)

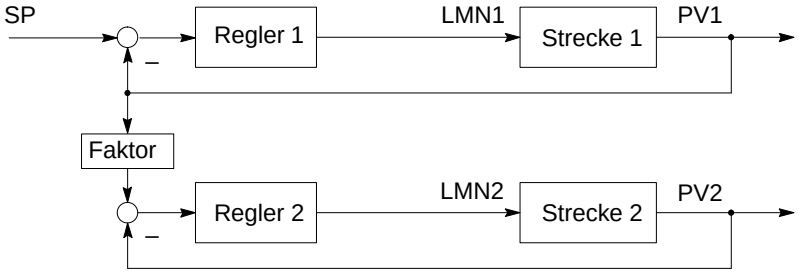
- Einschleifige Verhältnisregelung (single loop ratio controller)

  Eine einschleifige Verhältnisregelung wird dann eingesetzt, wenn für einen Vorgang (z. B. Drehzahlregelung) das Verhältnis zweier Regelgrößen wichtiger ist als die Absolutwerte der Regelgrößen.



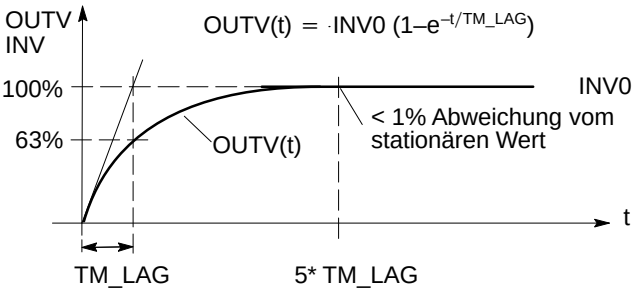
- Mehrschleifige Verhältnisregelung (multiple loop ratio controller)

  Bei einer zweischleifigen Verhältnisregelung wird das Verhältnis der beiden Prozessgrößen PV1 und PV2 konstant gehalten. Dazu wird der Sollwert des 2. Regelkreises aus der Regelgröße des 1. Regelkreises berechnet. Auch bei einer dynamischen Änderung der Prozessgröße x_1 ist gewährleistet, dass das vorgegebene Verhältnis eingehalten wird.



Verzögerung 1. Ordnung (first order lag)

Die Verzögerung 1. Ordnung ist eine Funktion zur Dämpfung (zeitlichen Verzögerung) der Änderungen einer analogen Regelgröße. Die Verzögerungszeitkonstante TM_LAG gibt an, nach welcher Zeit das Ausgangssignal auf 63 % des stationären Endwertes hochgelaufen ist. Das Übertragungsverhältnis im eingeschwungenen Zustand ist 1 : 1.



Vorhaltezeit T_V (derivative time)

Die Vorhaltezeit bestimmt das Zeitverhalten des D-Anteils im PD- oder PID-Reglers (T_V = TD).

Wertebereich (value range)

Der Regler arbeitet intern mit Prozentwerten im Gleitpunktformat (z. B. –100,0 bis +100,0). An bestimmten Eingangsparametern, z. B. an externen Sollwerten, können auch physikalische Werte im Gleitpunktbereich von STEPP 7 eingegeben werden (→ Zahlendarstellung).

Wiederanlauf (restart)

Bei Wiederanlauf einer Regelung wird von den erfassten Ergebnissen und dem Betriebszustand ausgegangen, der zum Zeitpunkt der Unterbrechung geherrscht hat. Das bedeutet, dass die Regelung mit den zum Zeitpunkt der Unterbrechung berechneten Werten weiterarbeitet.

Zeitplangeber (ramp soak)

Der Zeitplangeber ist eine Funktion zur Erzeugung von Fahrkurven der Führungsgröße nach einem festen Zeitplan (Programm). Die zeitabhängige Verlauf der Ausgangsgröße wird über Stützpunkte und lineare Interpolation definiert. Die Fahrkurve kann zyklisch wiederholt werden.

Zweipunktregler (two step controller)

Mit Zweipunktregler bezeichnet man einen Regler, bei dem die Stellgröße nur zwei Zustände (z. B. ein – aus) annehmen kann.

Index

A

Abtastregelung, 2-11
Abtastregler, Glossar-1
Abtastzeit, 2-11, 3-14, 8-2, Glossar-1
  Abschätzung, 3-15
  Faustformel, 3-15
Analogwert-Eingabe, Glossar-1
Anlaufbausteine, 3-16
Anlaufzeit, 2-3
Anpassfaktor, Glossar-1
Ansprechschwelle, 6-16, 6-22, Glossar-2
  selbsttätige Adaption, 6-22
Anwenderspeicher, 1-6
Arbeitspunkt, Glossar-2
Arbeitsspeicherbelegung, 8-1
Aufrufverhalten, 3-16
Ausgleichszeit, 2-2, Glossar-2
Ausregelzeit, Glossar-2
Auswahl der Reglerstruktur, 3-6
Automatikbetrieb, 5-3
  Schrittregler, 6-6

B

Bearbeitungsaufruf des Regler-FB, 3-16
Beispiel Example1 (Schrittregler)
  Anwendung, 7-10
  Bausteinstruktur, 7-11
  Funktionalität, 7-10
  Parameter des Streckenmodells, 7-12, 7-14
  Sprungantwort des Regelkreises, 7-14
  Verschaltung und Aufruf, 7-12, 7-13
Beispiel Example2 (Kontinuierlicher Regler)
  Anwendung, 7-16
  Bausteinstruktur, 7-17
  Funktionalität, 7-16
  Parameter des Streckenmodells, 7-18, 7-19
  Sprungantworten des Regelkreises, 7-19
  Verschaltung und Aufruf, 7-17, 7-18
Beispiel Example3 (Verhältnisregelung)
  Anwendung, 7-21
  Bausteinstruktur, 7-22
  Funktionalität, 7-21
  Parametrierung, 7-23
  Verschaltung und Aufruf, 7-22
Beispiel Example4 (Mischungsregelung)
  Anwendung, 7-24
  Bausteinstruktur, 7-25
  Funktionalität, 7-24
  Parametrierung, 7-26
  Verschaltung und Aufruf, 7-25
Beispiel Example5 (Kaskadenregelung)
  Anwendung, 7-27
  Bausteinstruktur, 7-28
  Funktionalität, 7-27
  Parametrierung, 7-29
  Verschaltung und Aufruf, 7-28
Beispiel Example6 (Pulsegen)
  Anwendung, 7-30
  Bausteinstruktur, 7-31
  Funktionalität, 7-30
  Parameter des Streckenmodells, 7-32, 7-33
  Sprungantworten des Regelkreises, 7-33
  Verschaltung und Aufruf, 7-31, 7-32
Beispiele, vorkonfektionierte Anwendungen, 1-4
Betriebsarten-Umschaltung, 5-3

C

Checkliste, 3-7
CPU-Belastung, 8-1
CRP_OUT, 5-15

D

D-Anteil, Glossar-3
Dämpfung, 4-24
Daten pro Regler, 1-6
DDC, Glossar-3
DEADBAND, 4-35
  Parameter, 4-36
DIF, Parameter, 4-52
Differentiationszeit TD, 4-51
Differenzier-Funktion, 4-51
Differenzierer (DIF), 4-51
  Anlauf und Betriebsarten, 4-52
Differenzierzeit (Einstellbereiche), 4-51
Digitale Regelung, Glossar-4

Dreipunktglied, 6-15, 6-21
Ansprechschwelle, 6-16
Dreipunktregelung, 5-22
Kennlinie, 5-23
unsymmetrische Kennlinie, 5-24
Dreipunktregler, Glossar-4

E

Einsatzformen, 1-7
ER_ALARM, 4-37
Parameter, 4-38
Ersatz-Streckenzeitkonstante, Ermittlung, 3-15

F

Fahrkurve, 4-4
anhalten, fortsetzen, 4-9
projektieren, 4-5
starten, 4-7
Festwertregelung, Glossar-5
Folgeregelung, Glossar-5
Folgeregler, 2-10
Führungsgröße, Glossar-5
Anwender-FC verschalten, 4-15
Begrenzung des Einstellbereichs, 4-19
eigene Funktion einfügen, 4-15
Rampenfunktion, 4-17
Steigungsbegrenzung, 4-17
Verstellung über Konfigurationswerkzeug, 4-21
Führungsgrößenbegrenzung, Meldeausgänge, 4-19
Führungsregler, 2-10, Glossar-5
Führungsverhalten, Glossar-5
Funktionalität im Auslieferungszustand, 2-15
Funktionsbaustein
PID_CP, 5-1
PID_ES, 6-1
Funktionsspektrum, 1-7
Funktionsübersicht, 2-12

G

Grenzwerte für PV, 4-30
Grenzwertmelder, Glossar-5

H

Handbetrieb, 5-3, Glossar-5
Schrittregler (mit Rückmeldung), 6-6
Schrittregler (ohne Rückmeldung), 6-19
Handstellwert (Handwert), Glossar-6
Handwert-Erzeugung, 5-3
Handwert-Generator
Anlauf und Betriebsweise, 5-6
Verstellbereich, 5-5
Verstellgeschwindigkeit, 5-5
Hardwareumgebung, 1-5
Hilfsregelgröße, 2-10

I

I-Anteil, Glossar-6
I-Strecke, 2-4
Impulsausgang, Schaltverhalten, 5-23
Impulsbreitenmodulation, 5-19, Glossar-6
Impulsformer, 5-19, 6-16
Arbeitsweise, 6-16, 6-17
Betriebsarten, 5-22
Impulsrasterbreite, 5-20
Inbetriebnahmewerkzeug, 10-1
Instanz-Datenbaustein, 1-1
Integrationszeit (TI), 4-46
zulässige Bereiche für TI und CYCLE, 4-47
Integrator (INT), 4-46
Anlauf und Betriebsarten, 4-48
Begrenzungsverhalten, 4-50
Parameter, 4-50
Integrier-Funktion, 4-46
Istwert, Glossar-6
anwenderspezifische Funktion (FC), 4-28
Grenzwertüberwachung, 4-30
Normierung, 4-22
Steigungsüberwachung, 4-32
Umschalten auf Konfigurationswerkzeug, 4-34
Verzögerung, 4-24
Istwert-Überwachung, Hysterese, 4-30

K

Kaskadenregelung, 2-10, Glossar-7
Bausteinverschaltung, 5-18, 6-26

Kaskadenregelung (Example5), 7-27
Bausteinstruktur, 7-28
Kaskadenschaltungen, 5-17
Kaskadenumschaltung, 5-17, 6-25
Konfiguration, Glossar-7
Istwert-/Regeldifferenzzweig, 3-11
Reglerfunktionen, 3-13
Sollwertzweig, 3-10
Stellwertzweig, 3-12
Vorgehensweisen, 1-2
Konfigurationswerkzeug, 3-14
Kontinuierlicher Regler
Betriebsarten-Schaltung, 5-4
Differenzierer, 4-51
Funktionsschema, 5-1
Integrierer, 4-46
Kaskadenschaltungen, 5-17
Neustart/Wiederanlauf, 5-2
P-Regelung, 4-41
PD-Regelung, 4-43
PI-Regelung, 4-42
PID-Regelung, 4-44
Regelfunktionen, 5-1
Wirkungsrichtung, 4-41
Kontinuierlicher Regler (Example2), 7-16
Bausteinstruktur, 7-17
Korrekturprofil, Glossar-7
Kreisbild, 10-2
Kreisverstärkung, Glossar-7
Kurvenschreiber, 10-2

L

LAG1ST, 4-24
Parameter, 4-25
Laufzeit (Regler-FB), 8-1
Laufzeit pro Regler (Eckdaten), 1-6
Liesmich-Datei, 10-1
LMN_NORM, 5-13
Parameter, 5-14
LMN_ROC, 5-9
Parameter, 5-10
LMNFC, 5-7
Parameter, 5-8
LMNLIMIT, 5-11
Parameter, 5-12, 6-10
LMNR_CRP, 6-11
Parameter, 6-12
LMNRNORM, 6-12
Parameter, 6-12
LP_SCHED
Parameter, 7-9
Parameterliste, 9-20

M

MAN_GEN, 5-5, 5-6
Mehrschleifige Regelungen, 1-4, 2-8
Mengengerüst, 1-6
Mindestimpulsdauer, 5-22
Mindestpausendauer, 5-22
Mischungsregelung, 2-9, Glossar-8
Regelungsstruktur, 2-9
Mischungsregelung (Example4), 7-24
Bausteinstruktur, 7-25
Modulare Regelung, Glossar-8

N

Nachstellzeit, Glossar-8
Neustart, 3-16
Normierung, 3-18, Glossar-8
Regelgröße, 4-22
Sollwert, 4-12
Stellgröße, 5-13
Stellungsrückmeldung, 6-12
Normierungsfunktion, 3-18, 5-13
Normierungsgerade, 4-22, 5-13, 6-12

P

P-Regelung
Arbeitspunkt, 4-41
Sprungantwort, 4-41
Parallelstruktur (PID), Glossar-9
Parametrierplan, 3-10
PD-Regler
Arbeitspunkt, 4-43
Sprungantwort, 4-43
Verzögerung der D-Wirkung, 4-43
PD-Wirkung in Rückführung, 4-40
PI-Regler
Integrierer bei Handbetrieb, 4-42
Sprungantwort, 4-42
PID-Regler
Parametrierung, 4-45
Regelalgorithmus, 4-39
Reglerstruktur, 4-40
Sprungantwort, 4-44

PID_CP
Ausgangsparameter, 9-4
Eingangsparameter, 9-2, 9-5
Statische Lokaldaten (Ausgänge), 9-9
Statische Lokaldaten (Eingänge), 9-5
Statische Lokaldaten für Konfigurationswerkzeug, 9-10
PID_ES
Ausgangsparameter, 9-13
Eingangsparameter, 9-11
Statische Lokaldaten (Ausgänge), 9-17
Statische Lokaldaten (Eingänge), 9-13
Statische Lokaldaten für Konfigurationswerkzeug, 9-18
Prioritätsklassenmodell, 3-17
Produktstruktur, 1-3
Projekt konfigurieren, 3-7
Prozesse mit I-Verhalten, 2-4
Prozesseigenschaften und Regelung, 2-1
Prozessidentifikation, Glossar-10
Prozessverhalten, 3-1
regelbare Streckenarten, 3-3
PULSEGEN, 5-19
Parameter, 5-26
PULSEGEN (Example6), 7-30
Bausteinstruktur, 7-31
PULSEOUT, 6-16
Parameter, 6-17
Pulsformung, Genauigkeit, 5-20
PV-Grenzwertmeldung, Betriebsweise, 4-31
PV_ALARM, 4-30
Parameter, 4-31
PV_NORM, 4-22
Parameter, 4-23
PVFC, 4-28
Parameter, 4-29

R

Radizierung, Glossar-10
Rampengeber, Glossar-10
Regel-Algorithmus, 2-12
Regelaufgabe, Spezifizierung, 3-1
Regelbarkeit, 2-2
Regeldifferenz, Glossar-10
Grenzwertüberwachung, 4-37
Signalfilterung (Totzone), 4-35
Regeldifferenz-Überwachung, Glossar-10
Funktionsweise, 4-38
Hysterese, 4-37
Regelgröße, Glossar-11
Anwender-FC verschalten, 4-28
eigene Funktion (FC) einfügen, 4-28
Glättungsfunktion, 4-24
Grenzwertüberwachung, 4-30
Quadratwurzelbildung, 4-26
Steigungsüberwachung, 4-32
Überwachung der Änderungsgeschwindigkeit, 4-32
Verstellung über Konfigurationswerkzeug, 4-34
Regelkreis, Glossar-11
Regelkreis-Editor, 3-14
Regelstrecke, Ersatzzeitkonstante, 3-15
Regelstrecke (Prozess), Glossar-11
Regelung erstellen (Prinzip), 1-2
Regelung konfigurieren, 3-7
Regelung von Mischprozessen, 2-9
Regler, Glossar-12
Regler-FB, Codeumfang, 1-6
Regler-Konfiguration, Vorgehensweise (Checkliste), 3-7
Regleraufrufverhalten, 8-2
Regleraufrufverteiler, 1-1, 1-6, 3-17, 7-1, Glossar-12
globaler Datenbaustein, 7-2
Reglerauslegung, 2-1
Reglerauswahl, 3-5
Reglerkonfiguration, Vorkenntnisse, 3-2
Regleroptimierung, 10-2
Reglerparameter (Kenngrößen), Glossar-12
Reglerstruktur festlegen, 4-40
RMP_SOAK, 4-4
ROCALARM, 4-32
Parameter, 4-33

S

Schrittregler, Glossar-12
Betriebsarten-Schaltung, 6-7
Betriebsarten-Umschaltung, 6-6
Funktionsschema, 6-2
Kaskadenschaltungen, 6-25
mit Stellungsrückmeldung, 2-21
Neustart/Wiederanlauf, 6-4
ohne Stellungsrückmeldung, 2-22, 6-3
Regelfunktionen, 6-1
Struktur, 6-5
Schrittregler (Example1), 7-10
Bausteinstruktur, 7-11

Schrittregler ohne Stellungsrückmeldung
Betriebsarten, 6-19
Erzeugung der Stellsignale, 6-20
Parameter der Stellgrößenverarbeitung, 6-24
Signalverarbeitung der Stellgröße, 6-18
Struktur und Funktion, 6-18
Signalanpassung, 3-18
Signalflussplan, Glossar-13
Signalflusspläne, 2-15
Zeichen und Symbole, 2-15
Signalverarbeitung
analoge Stellgröße, 2-20
binäre Stellsignale, 6-14
Führungsgröße, 2-16
im Istwertzweig, 4-22
im Sollwertzweig, 4-1
Kontinuierlicher Regler, 4-46
PID-Regler, 2-19
Regeldifferenz, 4-35
Regelgröße, 2-17
Stellgröße des Schrittreglers, 6-5
Stelllgröße des kontinuierlichen Reglers, 5-3
Stellungsrückmeldung, 6-11
Stellwert des Schrittreglers, 2-21
Signalwandlung, internes Format –> Peripherieformat, 5-15
Simulation der Stellungsrückmeldung, 6-23
Softwareumgebung, 1-5
Sollwert, Glossar-13
anwenderspezifische Funktion (FC), 4-15
Begrenzung absolut, 4-19
Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit, 4-17
Umschalten auf Konfigurationswerkzeug, 4-21
Sollwert-Generator, 4-1
Anlauf und Betriebsweise, 4-2
Parameter, 4-3
Verstellbereich, 4-1
Verstellgeschwindigkeit, 4-1
Sollwertbegrenzung, Funktionsweise, 4-20
Sollwertgenerator, Glossar-13
Sollwertnormierung, 4-12
SP_GEN, 4-1
SP_LIMIT, 4-19
Parameter, 4-20
SP_NORM, 4-12
Parameter, 4-13
SP_ROC, 4-17
Parameter, 4-18
SPFC (Anwender-FC), 4-15
Parameter, 4-16
Standard PID Control, 1-1
Arbeitsweise, 2-11
Blockschaltbilder, 8-3
Einführung, iv
Funktionsschema, 1-2
Konzept, 1-1
Softwarepakete, 1-3
Struktur, 2-11
Übersichtsbilder, 2-12
Standard-Funktionsbaustein, Regler-FB, 1-1
Standard-Regelung, Glossar-13
Aufrufverhalten, 3-16
Beispiele, 1-4
Einsatzmöglichkeiten und -grenzen, 1-6
Einsatzumgebung, 1-5
Funktionalität, 1-7
Funktionsübersicht, 1-2
Grundfunktionen, 1-2
Produktstruktur, 1-3
ständig aktive Funktionen, 3-6
Stellausgänge, 3-5
Stellgerät, Glossar-13
Stellglied, 3-4
Anschlagsignale, 6-18
Art des Stellsignals, 3-4
Stellgröße, Glossar-13
Begrenzung absolut, 5-11
Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit, 5-9
Begrenzung des Einstellbereichs, 5-11, 6-9
eigene Funktion (FC) einfügen, 5-7
Rampenfunktion, 5-9
Signalformen, 3-4
Steigungsbegrenzung, 5-9
Verstellung über Konfigurationswerkzeug, 5-16
Stellgröße (Schrittregler), Verstellung über Konfigurationswerkzeug, 6-8
Stellgrößenbegrenzung, Meldeausgänge, 5-11, 6-9
Stellgrößenbildung, Impulsausgabe, 5-19
Stellsignal, Reglerauswahl, 3-5
Stellsignalbildung
Betriebsarten des Schrittreglers, 6-5
Betriebsarten des stetigen Reglers, 5-3, 5-5
Stellungsrückmeldung, 2-21
Signalanpassung (Normierung), 6-11
Simulation, 2-22, 6-23

Stellwert
anwenderspezifische Funktion (FC), 5-7
Umschalten auf Konfigurationswerkzeug, 5-16
Stellwert (Schrittregler), Umschalten auf Konfigurationswerkzeug, 6-8
Stellwertbegrenzung, Funktionsweise, 5-12, 6-10
Stellwertnormierung, 5-13
Störgröße, Glossar-13
Störgrößenaufschaltung, 2-7, 4-39, Glossar-14
Wirkungsweise, 2-7
Störgrößenerfassung, 2-7
Strecke mit Ausgleich (PT-Strecke, 2-2
Strecke mit Totzeit, 2-3
Strecke ohne Ausgleich, 2-4
Strecken-Eigenschaften, 2-1
Streckenanalyse, 2-1
Streckeneigenschaften, 3-2
Streckenidentifikation, 2-5
Methodik, 2-5
Regelkreis offline/online, 2-6
Reglerkenndaten, 2-5
Übergangsfunktion, 2-5
Streckensimulation (APP_Pulsegen), 7-31
Streckensimulation (Example1), 7-11
Streckensimulation (Example2), 7-17
Struktur-Beispiele, 1-4
Stützpunkte, 4-5
Systemrahmen, 1-6

T

Teilfunktionen, 1-2
Schaltbilder, 2-15
THREE_ST, 6-15, 6-21
TM_LAG, 4-43, 4-51
Toleranzbänder, 4-30, 4-37
Tool
integrierte Hilfe, 10-2
Softwarevoraussetzungen, 10-1
Totzeit, 2-3, Glossar-14
Totzonenfunktion, Wirkungsweise, 4-35
Totzonenglied, 4-35
Trapezregel, Glossar-14

V

Verhältnisregelung, 2-8, Glossar-15
zwei Regelkreise, 2-8
Verhältnisregelung (Example3), 7-21
Bausteinstruktur, 7-22
Verzögerung 1. Ordnung, Glossar-15
Verzögerung der D-Wirkung (TM_LAG), 4-43
Verzögerungsglied, 4-24
Verzögerungszeitkonstante (TM_LAG), 4-51
Verzugszeit, 2-2
Vorhaltzeit, Glossar-16

W

Weckalarm-OB, 3-16
Wertebereich, Glossar-16
techn. Bereich, 3-18
Zeiten, 3-18
Wiederanlauf, 3-16

Z

Zahlendarstellung, 3-18
Zeitplanerstellung, Stützpunktparameter, 4-5
Zeitplangeber, 4-3, Glossar-16
anhalten, 4-8
Ausgang vorbelegen, 4-7
Betriebsarten, 4-5, 4-6
einschalten, 4-6
Online-Änderungen, 4-10
Parameter, 4-10
zyklischer Betrieb, 4-8
Zweipunktregelung, 5-25
Zweipunktregler, Glossar-16